



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

MOŽNOSTI ZTVRZOVÁNÍ A ZMĚKČOVÁNÍ
VODY

OPTIONS OF WATER HARDNESSING AND SOFTENING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Gottwald

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RENATA BIELA, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Martin Gottwald
Název	Možnosti ztvrdování a změkčování vody
Vedoucí práce	Ing. Renata Biela, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] CRITTENDEN, John, et al. Water Treatment: Principles and Design. 2nd Edition. John Wiley and Sons, 2005. 1948 p. ISBN 0-471-11018-3.
- [2] GRÜNWALD, Alexander. Zdravotně inženýrské stavby 40: Úprava vody. 1. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. 103 s. ISBN 80-01-01658-7.
- [3] TUHOVČÁK, Ladislav, et al. Vodárenství: Studijní opory. 1. vydání. Brno: VUT FAST, 2006. 252 s.
- [4] PITTER, Pavel. Hydrochemie. 4. vydání. Praha: VŠCHT Praha, 2009. 568 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [5] DRBOHLAV, Josef, et al. Vápenné hospodářství a ztvrdování na úpravách vody – zkušenosti z realizovaných projektů. In Pitná voda 2015. 1. Bratislava: VodaTím s.r.o., 2015. s. 79-88. ISBN: 978-80-971272-3-7.
- [6] BUCHLOVIČOVÁ, Jana a Karol MUNKA. Možnosti stvrdzovania surovej vody v ÚV Turček. In Pitná voda 2015. 1. Bratislava: VodaTím s.r.o., 2015. s. 71-78. ISBN: 978-80-971272-3-7.
- [7] Odborné články ze sborníků konferencí a seminářů.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V úvodní části se bude bakalářská práce řešeršní formou věnovat způsobům ztvrdování a změkčování vody v rámci technologického procesu úpravy vody a doúpravy vody přímo u spotřebitele. V další části práce budou uvedeny příklady úpraven vod, v nichž bylo ztvrdování či změkčování vody provedeno. Součástí práce bude návrh změkčení vody u spotřebitele.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Renata Biela, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

V úvodní části této bakalářské práce je rešeršní formou popsána technologie ztvrdování a změkčování vody, jak v technologickém procesu úpravy vody, tak i doúpravy vody přímo u spotřebitele. Doúpravu u spotřebitele je možné provádět na zařízeních na principu fyzikálním i chemickém. V další části této bakalářské práce jsou uvedeny příklady úpraven vod, v nichž bylo provedeno ztvrdování vody. Součástí této bakalářské práce je také návrh změkčení vody přímo u spotřebitele.

Abstract

In the introductory part of this bachelor thesis, the research is focused on water hardening and softening technology, both in the technological process of water treatment and in water preparation directly to the consumer. It is possible to carry out the treatment at the consumer on physical and chemical devices. In the next part of this bachelor thesis there are examples of treated water in which the water has been confirmed. Part of this bachelor thesis is also the proposal of water softening directly to the consumer.

Klíčová slova

Vápník a hořčík, ztvrdování vody, změkčování vody, technologie ztvrdování na úpravně vody, doúprava vody u spotřebitele.

Key words

Calcium and magnesium, water hardening, softening of water, Water hardening technology on the water treatment plant, water supply to the consumer.

Bibliografická citace VŠKP

GOTTWALD, Martin. *Možnosti ztvrdování a změkčování vody*. Brno, 2017. 62 s., příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2017

Martin Gottwald
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat své vedoucí bakalářské práce Ing. Renatě Biele, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této bakalářské práce.

OBSAH

1	ÚVOD.....	3
2	VÁPŇÍK A HOŘČÍK.....	4
2.1	Formy výskytu vápníku a hořčíku ve vodách.....	4
2.2	Vlastnosti a význam vápníku a hořčíku	6
2.3	Dělení “tvrdosti” vody	8
2.4	Vápenato-uhličitanová rovnováha.....	8
3	ZTVRZOVÁNÍ VODY	10
3.1	Metoda přímého ztvrdování vody	10
3.2	Metoda nepřímého ztvrdování vody	10
4	ZMĚKČOVÁNÍ VODY	11
4.1	Částečné odstranění vápníku a hořčíku	11
4.1.1	Termická dekarbonizace	11
4.1.2	Dekarbonizace kyselinou	11
4.1.3	Dekarbonizace srážením vápnem	12
4.1.4	Dekarbonizace výměnou iontů	12
4.2	Úplné odstranění vápníku a hořčíku z vody	13
4.2.1	Srážení vápnem a sodou	13
4.2.2	Srážení hydroxidem sodným a sodou	14
4.2.3	Srážení fosforečnany.....	14
4.2.4	Odstraňování vápníku a hořčíku ve formě komplexů	15
5	TECHNOLOGIE ZTVRZOVÁNÍ VODY NA ÚV	17
5.1	Ztvrdování vody na ÚV Meziboří.....	17
5.2	Ztvrdování vody na ÚV Souš.....	19
5.3	Možnost ztvrdování vody na ÚV Hřiňova.....	20
5.3.1	Technologická linka přípravy a dávkování vápenného hydrátu.....	20
5.3.2	Technologická linka přípravy a dávkování oxidu uhličitého	21
6	DOÚPRAVA VODY U SPOTŘEBITELE.....	22
6.1	Zařízení na principu fyzikálním	22
6.1.1	Elektromagnetická úprava vody	22
6.1.2	Technologie NaturSoft změkčovače na principu bez solí	25
6.2	Zařízení na principu chemickém	26
6.2.1	Iontová výměna se solí pomocí technologie TZB CalKo	26

6.2.2	Iontová výměna se solí od firmy CULLIGAN.CZ s.r.o.....	28
6.2.3	Iontová výměna se solí od firmy KOWA, spol. s.r.o.	35
7	NÁVRH ZMĚKČENÍ VODY U SPOTŘEBITELE.....	43
7.1	Lokalita a tvrdost pitné vody u spotřebitele	43
7.2	Souhrn změkčovacích zařízení pro domácnost	44
8	ZÁVĚR	50
9	POUŽITÁ LITERATURA.....	52
	SEZNAM TABULEK	54
	SEZNAM OBRÁZKŮ	55
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	56
	SUMMARY	57

1 ÚVOD

V dnešní době je pojem „změkčování a ztvrdování“ vody velice ožehavé téma, které je podrobněji rozebráno v dalších částech této bakalářské práce. Z hlediska spotřebitele je možné vodu rozdělit na vodu pitnou a technologickou. Často je problematická tzv. „tvrdá voda“, kde dochází k tvorbě inkrustací v potrubí, což má za následek snížení průtočného průřezu. Popřípadě dochází k nepříznivému vlivu na spotřebiče v domácnosti, včetně pračky, myčky nádobí, ohřívače vody, lednice, dřezu, vodovodních baterií a sprchových hlavíc. Vodní kámen zanechá tyto zařízení nebo způsobí poškození O-kroužku a ventilů, které mohou vést k nákladným opravám a výrazným zvýšením jejich provozních nákladů. Již 3,2 mm silná vrstva vodního kamene tak snižuje účinnost tepelných zařízení o 20%, 6,4 mm vrstva o 40% a 9,5 mm vrstva o 60%, což znamená, že v posledním zmíněném případě je jenom 40% provozních nákladů vynaloženo efektivně. V tvrdé vodě se také hůře rozpouštějí všechny látky, což často zhoršuje kvalitu výrobků a dále zvyšuje náklady [11].

Vápník a hořčík patří do kovů alkalických zemin, jako druhá hlavní podskupina periodické soustavy, kde patří dále beryllium, stroncium a radioaktivní radium [4].

Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody jasně stanovuje minimální mezní hodnotu (MH) koncentrace Ca 30 mg/l a doporučenou hodnotu (DH) 40 – 80 mg/l, dále minimální MH koncentrace Mg 10 mg/l a DH 20-30 mg/l. Pro Ca + Mg je doporučená hodnota 2 - 3,5 mmol/l.



Obr. 1.1 Inkrustace Ca a Mg [13]

2 VÁPNIK A HOŘČÍK

V přírodě je vápník a hořčík velice rozšířený. Zemská kůra obsahuje přibližně 0,035 % vápníku a 0,020 % hořčíku. Vápník a hořčík se dostávají do vody rozkladem hlinitokřemičitanů vápenatých a hořečnatých a ve větších koncentracích rozpuštěním vápence CaCO_3 , dolomitu $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, magnezitu MgCO_3 , sádrovce $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ a jiných minerálů. Větší obohacení podzemních vod vápníkem a hořčíkem závisí na rozpuštěném CO_2 [1].

Zdrojem vápníku a hořčíku mohou být také některé průmyslové odpadní vody z provozů, ve kterých se kyseliny musí neutralizovat vápnem, vápencem, dolomitom nebo magnezitem. Dalším zdrojem mohou být úpravny vody, kde se obohátí voda vápníkem a hořčíkem. Například při odkyselování (odstraňování agresivního CO_2) podzemních vod hydroxidem vápenatým nebo filtrací přes různé odkyselovací hmoty (CaCO_3 , MgCO_3 , MgO) a u vod málo mineralizovaných při procesu stabilizace přidavkem CaO a CO_2 [1].

2.1 FORMY VÝSKYTU VÁPNIKU A HOŘČÍKU VE VODÁCH

V málo mineralizovaných a středně mineralizovaných vodách se vápník a hořčík vyskytují převážně jako jednoduché ionty Ca^{2+} a Mg^{2+} . Ve více mineralizovaných vodách s vyšší koncentrací hydrogenuhlíčanů a síranů se mohou ve větším množství tvořit různé iontové asociáty, např. $[\text{CaCO}_{3(\text{aq})}]^0$, $[\text{CaHCO}_3]^+$, $[\text{CaSO}_{4(\text{aq})}]^0$, $[\text{CaOH}]^+$ a obdobné s hořčíkem. Tyto iontové asociáty mají však poměrně nízké hodnoty konstant stability (tab. 2.1). Jde např. o důlní vody a vody po srážení hydroxidem vápenatým a uhličitánem sodným. Po odstranění vápníku z vody srážením hydroxidem vápenatým a uhličitánem sodným je jeho zbytková koncentrace tvořená především karbonatokomplexem $[\text{CaCO}_{3(\text{aq})}]^0$, který je prekurzorem tvorby tuhého CaCO_3 a limituje dosažitelnou zbytkovou koncentrací vápníku. Na jednoduchý ion Ca^{2+} připadá v tomto případě obvykle méně než 10% celkového vápníku. Naopak v prostých podzemních vodách a vodách povrchových připadá na uvedené iontové asociáty obvykle méně než 10% z celkové koncentrace obou prvků. Hydroxokomplexy $[\text{CaOH}]^+$ a $[\text{MgOH}]^+$ přicházejí ve významnějších koncentracích v úvahu jen v silně alkalickém prostředí, v případě $[\text{CaOH}]^+$ až při hodnotách pH nad 10 [1].

Tab. 2.1 Celkové konstanty stability (β) některých komplexů [1]

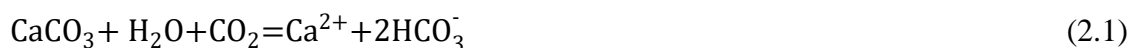
Komplex	$\log \beta$	Komplex	$\log \beta$
$[\text{CaCO}_3]^0$	4	$[\text{MgCO}_3]^0$	3,4
$[\text{CaHCO}_3]^+$	1,26	$[\text{MgHCO}_3]^+$	1,1
$[\text{CaSO}_4]^0$	2,3	$[\text{MgSO}_4]^0$	2,23
$[\text{CaOH}]^+$	1,4	$[\text{MgOH}]^+$	2,6

Vápník a hořčík může být ve vodách komplexován huminovými látkami. Uvádí se, že 1g DOC může vázat 0,3 mmol až 0,9 mmol Ca. Z těchto komplexů může být vápník remobilizován fotochemicky [1].

V neznečištěných atmosférických vodách bývají koncentrace vápníku a hořčíku obvykle nižší než 1 mg/l a jejich hodnoty se do značné míry vyrovnají s koncentracemi alkalických kovů. V prostých podzemních a povrchových vodách se pohybuje koncentrace vápníku řádově od desítek až do několika set mg/l a koncentrace hořčíku od jednotek až do několika desítek mg/l. V pitných vodách v ČR je průměrná koncentrace vápníku asi 50 mg/l (1,25 mmol/l), průměrná koncentrace hořčíku asi 10 mg/l (0,411 mmol/l) (hmotnostní poměr Ca : Mg = 5,0; látkový poměr Ca : Mg = 3,0) a průměrná sumární koncentrace Ca + Mg asi 1,7 mmol/l [1].

V minerálních vodách se mohou koncentrace Ca a Mg pohybovat v širokém rozhraní, protože závisejí na hydrochemickém typu. U Mg jde nejčastěji o koncentrace v desítkách mg/l a u Ca o koncentrace převyšující hodnotu 100 mg/l. Vyšší koncentrace Ca a Mg se nacházejí především ve vodách hydrogenuhličitano-vápenatých a nebo sírano-vápenatých. Koncentrace hořčíku mohou výjimečně překročit i 200 mg/l a koncentrace vápníku výjimečně i 500 mg/l. To jsou např. minerální vody v Lázních Darkov s průměrnou koncentrací vápníku 740 mg/l a hořčíku 300 mg/l. Koncentrace vápníku kolem 1000 mg/l jsou zcela výjimečně [1].

Pro omezenou rozpustnost CaCO_3 a CaSO_4 nebývá ani v minerálních vodách překročena koncentrace vápníku 1000 mg/l. Vyšší koncentrace rozpuštěného vápníku může být v roztoku udržena jen při dostatečné koncentraci rozpuštěného oxidu uhličitého:



Pokud je porušena rovnováha této reakce, dochází buď k vylučování, nebo naopak k rozpouštění uhličitanu vápenatého [1].

Hořčík je ve vodách obvykle méně zastoupen než vápník. Jednak je to tím, že je v porovnání s vápníkem méně zastoupen v zemské kůře, jednak zřejmě podobně jako draslík podléhá sorpci a výměně iontů při styku vody s některými horninami a jílovými minerály. V prostých podzemních a povrchových vodách je hmotnostní koncentrace vápníku obvykle několikanásobně vyšší než hmotnostní koncentrace hořčíku a někdy se poměr Ca : Mg blíží i 10. Běžně jsou hmotnostní poměry Ca : Mg kolem 4, což odpovídá látkovému poměru jen 2,4. Výjimečně lze v některých málo mineralizovaných podzemních vodách nalézt vyšší koncentrace hořčíku než vápníku, např. v balené Dobré vodě [1].

V minerálních vodách se hodnota poměru Ca : Mg obvykle zmenšuje, v minerálních vodách Západních Karpat je např. průměrný hmotnostní poměr Ca : Mg asi 2,0. To odpovídá látkovému poměru asi jen 1,2 (stejný počet iontů Ca a Mg, tj. látkový poměr Ca : Mg = 1,0, odpovídá hmotnostnímu poměru Ca : Mg = 1,65). Některé příklady jsou uvedeny v (tab. 2.2). Nejvyšší hmotnostní, resp. látkový poměr Mg : Ca vykazuje Šaratice (10,05, resp. 16,54) a následuje minerální voda Magnesia (9,6, resp. 15,9) [1].

Tab. 2.2 Příklady minerálních vod a mořské vody obsahujících více hořčíku než vápníku [1]

Voda (lokalita)	$\rho(\text{Ca})$	$c(\text{Ca})$	$\rho(\text{Ca})$	$c(\text{Ca})$
	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l
Magnesia (Mariánské Lázně)	25	0,62	240	9,87
Farářská kyselka (Nimrod)	17	0,4	49	2
Fatra (Záturečie)	64	1,6	165	6,8
Karolínka (Mariánské Lázně)	83	2,07	110	4,52
Slná voda (Želovce)	140	3,5	290	11,9
Louka (Bečov nad Teplou)	48	1,2	450	18,5
mořská voda	400	10	1300	53,5
Šaratice	200	5	2010	82,7
Zaječická	444	11,1	6700	275

2.2 VLASTNOSTI A VÝZNAM VÁPŇÍKU A HOŘČÍKU

Ve spojitosti s vápníkem a hořčíkem se v hydrochemii a technologii vody hovoří někdy o tzv. tvrdosti vody. Označení „tvrdost vody“ však neodpovídá svým významem správnému popisu vlastnosti vody a je obtížné přesně definovat různé druhy tvrdosti (nesprávně se přičleňují anionty ke kationtům), proto se od tohoto názvu již opouští (např. v mezinárodních normách ISO nebo německých normách DIN se již tento termín nevyskytuje). Pojmem „tvrdost vody“ jsou totiž vápníku a hořčíku chybně přisouzeny stejné chemické i biologické vlastnosti, avšak pozitivní či negativní vlivy „tvrdosti vody“ nejsou ve většině případů ve vztahu k celkové koncentraci Ca a Mg, ale jen ke koncentraci jednoho z nich [1].

Z hlediska tvorby nánosů v potrubí je podstatně závažnější vápník než hořčík, neboť většina vápenatých solí je méně rozpustná než odpovídající soli hořečnaté (nánosy jsou tvořeny především uhličitanem vápenatým). Proto je z hlediska tvorby inkrustací rozhodující koncentrace vápníku, nikoli hořčíku. Vody se stejnou sumární koncentrací Ca + Mg, ale s jejich rozdílným poměrem, mají odlišné inkrustující vlastnosti [1].

Komplexační vlastnosti hořčíku jsou méně výrazné u vápníku, což se projevuje při interakci Ca a Mg s komplexy jiných kovů ve vodách a půdách [1].

Hořčík ve vyšších koncentracích ovlivňuje nepříznivě chuť pitné vody, u vápníku je to naopak [1].

Hořčík na rozdíl od vápníku působí agresivně na beton [1].

V málo mineralizovaných vodách se pro zpomalení koroze potrubí doporučuje dávkovat v různých kombinacích CaO, CaCO₃, CaSO₄, CO₂ a kyselinu sírovou pro dosažení vápenato-uhličitanové rovnováhy podle rovnice (2.1). Tento proces se často nazývá „ztvrdování“, což však nevystihuje skutečné podmínky, protože dávkování Mg místo Ca není účinné. Proto je lépe tento proces nazývat stabilizace vody (což je v souladu se zahraniční terminologií) [1].

Z tohoto důvodu nelze hledat vztahy mezi celkovou „tvrdostí“ a chemickými či biologickými vlastnostmi vody, ale je správnější hodnotit vliv vápníku a hořčíku vždy samostatně. Jinak by v některých případech mohlo dojít i ke zcela chybným závěrům [1].

Z málo rozpustných sloučenin vápníku má v hydrochemii a technologii vody zvláštní význam CaCO_3 , podvojný uhličitan $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, CaSO_4 , CaF_2 a málo rozpustné fosforečnany. Uhličitan vápenatý se může vylučovat ve dvou hlavních krystalových modifikacích, a to buď jako kalcit, nebo jako termodynamický nestabilní aragonit. Uměle lze připravit ještě třetí, též nestabilní modifikaci vaterit. Při srážení za chladu se vylučuje z počátku amorfni CaCO_3 , který časem přechází do krystalické kalcitové formy. Při srážení za tepla (obecně při teplotě asi nad 30°C) se vylučuje aragonitová forma, která chladnutím přechází v kalcit. Aragonit je poněkud rozpustnější ve vodě ($\log K_s = -8,15$ při 25°C) než kalcit ($\log K_s = -8,35$ při 25°C). Kromě bezvodných modifikací CaCO_3 existují hydráty, které mohou být příčinou nesrovnatelnosti při vylučování uhličitanu vápenatého. Za určitých podmínek může v kapalně fázi dominovat iontový asociát $[\text{CaCO}_3]^0$ bez náboje, který pak limituje minimální rozpustnost uhličitanu vápenatého, a tím i odstranitelnost vápníku z vody srážením [1].

Sráží-li se CaCO_3 z roztoku, ve kterém je hořčík přítomen ve vysoké koncentraci, nebo z roztoků o malém poměru $\text{Ca} : \text{Mg}$, může se tvořit rozpustnější podvojný uhličitan $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Stechiometrické poměry závisejí na složení roztoku, sraženina může mít různé poměrné zastoupení Ca a Mg . Hovoří se také o tzv. hořečnatém kalcitu. Hodnoty $\log K_s$ minerálu dolomitu (podvojného uhličitanu $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) kolísají od $-16,5$ do $-19,5$, zpravidla se udává hodnota $-17,2$. Ve vodách, které jsou v rovnováze s kalcitem i dolomitem podle rovnice



je poměr $\text{Ca} : \text{Mg}$ konstantní. Pro rovnovážnou konstantu platí:

$$K = \frac{a(\text{Ca}^{2+})}{a(\text{Mg}^{2+})} = \frac{K_s^{2+}(\text{CaCO}_3)}{K_s(\text{dolomit})} = 1,25 \quad (2.3)$$

Z málo rozpustných sloučenin hořčíku má v hydrochemii a technologii vody zvláštní význam uhličitan, hydroxid-uhličitan, hydroxid, fluorid a fosforečnan. Uhličitan hořečnatý se může vylučovat jako bezvodný, trihydrát nebo pentahydrát. Při teplotách asi pod 15°C se obvykle vylučuje $\text{MgCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ a při vyšších teplotách $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, až posléze dochází k dehydrataci na bezvodnou sůl. K vylučování dochází ve slabě kyselé oblasti. Současně probíhá postupná hydrolyza uhličitanu na hydroxid-uhličitan, které vznikají také přímo při srážení roztoků hořečnatých solí uhličitanem sodným. Kromě toho je rozpustnost značně ovlivněna koncentrací celkového oxidu uhličitého. Proto může být teoreticky výpočet rozpustnosti uhličitanu hořečnatého ve vodě zatížen značnou chybou. Výpočty vycházejí obvykle ze součinu rozpustnosti trihydrátu ($\log K_s = -5,4$) [1].

Na rozdíl od vápníku existují různé hydratované hydroxid-uhličitan hořečnaté, většinou nestechiometrického složení. Nejčastěji se uvádí sloučenina $\text{Mg}_4(\text{CO}_3)_3(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ o součinu rozpustnosti $\log K_s = -29,5$ při 25°C . Hydroxid-uhličitan se vylučují z vody v neutrálním nebo slabě alkalickém prostředí. Stejně jako u MgCO_3 je rozpustnost ovlivněna celkovou koncentrací všech forem oxidu uhličitého [1].

Hydroxid hořečnatý je velmi málo rozpustný, čehož se využívá při odstraňování hořčíku z vody srážením v silněji alkalické oblasti, z pravidla při hodnotách pH nad 9. Čerstvě

sražený amorfni $\text{Mg}(\text{OH})_2$ má $\log K_s$ asi -10,8 a krystalická modifikace (minerál brucit) asi -11,1 při 25 °C [1].

Při zahřívání vody může dojít k vyloučení CaCO_3 , který se usazuje jako kal, nebo může tvořit tuhý nános ve vodovodním potrubí nebo materiálech přicházejících s touto vodou do styku. Hořík je z tohoto hlediska méně závadný, protože MgCO_3 je podstatně rozpustnější a $\text{Mg}(\text{OH})_2$ tvoří obvykle amorfni sraženinu [1].

2.3 DĚLENÍ “TVRDOSTI” VODY

V minulosti (a tato tradice někde stále přetrvává) byla tvrdost vody vyjadřována ve stupních německých (°dH), francouzských, anglických a amerických. U nás dříve používaný °dH odpovídá 10 mg/l CaO (na tuto jednotku je přepočítán i přítomný Mg). Platí 1 °dH = 0,178 mmol/l (Ca+Mg) a naopak 1 mmol/l (Ca+Mg) odpovídá 5,6 °dH. Pro další přepočty platí vztahy [5]:

$$1\text{mmol/l} = 7,02\text{ }^\circ\text{angl} = 10\text{ }^\circ\text{franc} = 100\text{ }^\circ\text{amer} \quad (2.4)$$

Tab. 2.3 Dřívější dělení pitné vody podle "celkové tvrdosti" [1]

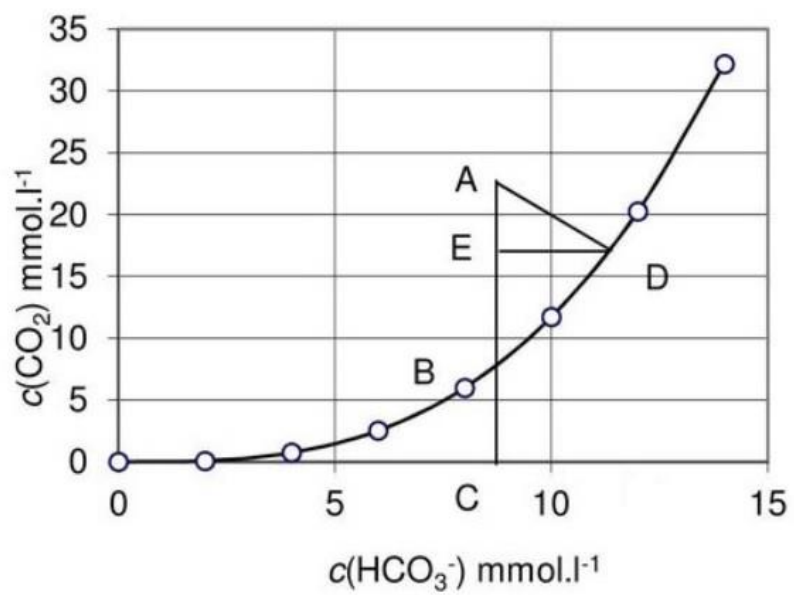
Dělení vody	Tvrdost vody	c(Ca+Mg)
	°dH	mmol/l
Velmi měkká	0 - 4	0 - 0,72
Měkká	4 - 8	0,72 - 1,43
Středně tvrdá	8 - 12	1,43 - 2,14
Dosti tvrdá	12 - 18	2,14 - 3,21
Tvrdá	18 - 30	3,21 - 5,35
Velmi tvrdá	> 30	> 5,35

2.4 VÁPENATO-UHLIČITANOVÁ ROVNOVÁHA

Vápenato-uhličitanová rovnováha je dána plochou nad křivkou, která je zobrazena na obr. 2.1. Vyjadřuje nám stav, kdy dochází při styku vody s CaCO_3 k rozpuštění uhličitanu dle rovnice (2.1). Příkladem je stav znázorněný na obr. 2.1 bodem A. Volný oxid uhličitý reaguje s CaCO_3 , přičemž úbytek 1 mmol CO_2 odpovídá přírůstku 2 mmol HCO_3^- . Po dosažení rovnováhy je stav znázorněn bodem D na rovnovážné křivce. Oxid uhličitý, který takto reagoval, se nazývá agresivní CO_2 vůči betonu (AE). Oxid uhličitý, který je v rovnováze vyjádřené rovnicí (2.5) se nazývá rovnovážný (BC). Diference mezi celkovým volným CO_2 (AC) a rovnovážným CO_2 (AB) se nazývá oxid uhličitý agresivní vůči železu. Plocha pod křivkou uhličitanové rovnováhy zobrazuje nerovnovážný stav, kdy dochází k vylučování CaCO_3 ve smyslu rovnice (2.1), avšak dějem, probíhající zprava doleva, až je dosaženo stavu rovnováhy. Voda, která má tyto vlastnosti se nazývá voda inkrustující [5].

Rovnice dle Tilmansova:

$$c(\text{CO}_2)_r = K_T * c(\text{HCO}_3^-) \quad (2.5)$$



Obr. 2.1 Zobrazení vápenato–uhličitanové rovnováhy [5]

3 ZTVRZOVÁNÍ VODY

Tento proces se dotýká vod povrchových, které v řadě případů jsou měkké, jsou značně agresivní pro beton i ocel a mají velký deficit volného oxidu uhličitého (CO_2). Deficit volného CO_2 neumožní zvýšení tvrdosti ani při dávkování vápna a vodu nelze uvést do vápenato-uhličitanové rovnováhy. Vedle korozivních vlastností vody není měkká voda z hlediska organoleptických vlastností vhodná pro pitné účely. Z těchto důvodů je třeba v rámci úpravy vody, případně doúpravy vody zařadit proces ztvrdování vody. Při procesu ztvrdování dochází ke zvýšení pH, tvrdosti a solnosti vody. Upravenou vodu je třeba obohatit o ionty Ca^{2+} a HCO_3^- . Metody ztvrdování dělíme na přímé a nepřímé ztvrdování [2].

3.1 METODA PŘÍMÉHO ZTVRZOVÁNÍ VODY

Do upravované vody je třeba dávkovat oxid uhličitý a hydrát vápenatý ve formě vápenné vody nebo vápenného mléka dle chemické rovnice:



Kapalný oxid uhličitý se zavádí do odbočného proudu vody přes jemnobublinný injektor a vzniká nasycená CO_2 . Do téhož proudu vody se se zpožděním zavádí vápenné mléko nebo vápenná voda. Takto vzniklá směs vody, CO_2 a vápna se rozmíchá a homogenizuje ve statorovém mísiči a přivede do hlavního proudu upravené vody.

3.2 METODA NEPŘÍMÉHO ZTVRZOVÁNÍ VODY

Tento způsob ztvrdování vody vychází z reakce uhličitanu vápenatého s kyselinou sírovou a následného odkyselení uvolněného oxidu uhličitého hydrátem vápenatým dle chemických rovnic:



Je možno tuto metodu provádět tak, že jemně mletý vápenec (CaCO_3) a kyselina sírová (H_2SO_4) se smísí se surovou vodou v rychlomísiči s dobou zdržení 2-3 minuty. Následně se ve vložkovací se zdržením cca 30 minut nechá vyvločkovat síran vápenatý. Do vody odtékající z vložkovací nádrže se dávkuje hydroxid vápenatý ve formě vápenné vody, který se váže s volným oxidem uhličitým za vzniku hydrogenuhličitanu vápenatého a tím dochází ke ztvrdování vody [2].

4 ZMĚKČOVÁNÍ VODY

Změkčování vody se provádí odstraněním iontů vápníku a hořčíku, které jsou příčinou celé řady technických problémů (např. tvorbu kotelního kamene na stěnách kotlů, výměníku a potrubí). Problém vod s vysokým obsahem vápníku a hořčíku je také v technologických vodách některých průmyslových odvětví (např. textilní, koželužský, potravinářský průmysl). K jejich odstranění se používá celá řada způsobů, které lze rozdělit na termické, chemické a fyzikálně-chemické. Volba vhodného způsobu závisí na chemickém složení surové vody a na požadovaném zbytkovém obsahu obou kationtů [3].

4.1 ČÁSTEČNÉ ODSTRANĚNÍ VÁPNIKU A HOŘČÍKU

U některých technologických vod používaných (např. v uzavřených okruzích ústředního topení, primárních okruzích tepláren atd.) se provádí tzv. dekarbonizace. Cílem je odstranění vápníku a hořčíku, vázaného ve vodě pouze na hydrogenuhlíčitany. Dekarbonizace se provádí termicky, působením kyseliny nebo srážením hydroxidem vápenatým [3].

4.1.1 Termická dekarbonizace

Způsob je založen na tepelném rozkladu hydrogenuhlíčitanu vápenatého a hořečnatého. Ohřátím vody k bodu varu vznikají z hydrogenuhlíčitanů uhličitany a současně se uvolňuje oxid uhličitý dle rovnic:



Delším varem však dochází k tomu, že uhličitan hořečnatý přechází na málo rozpustný hydroxid hořečnatý $\text{Mg}(\text{OH})_2$. K úplnému odstranění hořčíku je zapotřebí vodu zalkalizovat (na $\text{pH} > 10$).

Tento způsob se hodí pro vody s vysokým obsahem vápníku a hydrogenuhlíčitanu. Provádí se v horizontálních nebo vertikálních jednotkách vyhřívaných vodní parou [3].

4.1.2 Dekarbonizace kyselinou

Působením silných minerálních kyselin (kyselina chlorovodíková, kyselina sírová) dochází k rozkladu hydrogenuhlíčitanu vápenatého dle rovnic:

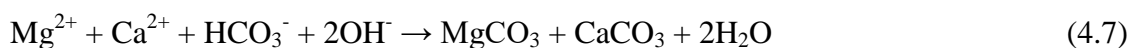
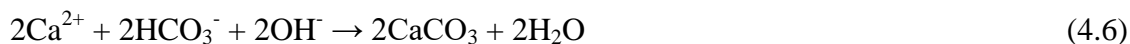


Podobně také reaguje hydrogenuhlíčitan hořečnatý. Reakce probíhají velmi rychle. Množství kyseliny se volí tak, aby zbytkový obsah iontů HCO_3^- byl pod 1 mmol/l.

Nevýhodou tohoto způsobu jsou vyšší provozní náklady, nutnost trvalé kontroly a obsluhy dávkovacího zařízení, vysoký zbytkový obsah soli v upravené vodě a nebezpečí koroze přítomnými chloridy vápníku a hořčíku [3].

4.1.3 Dekarbonizace srážením vápnem

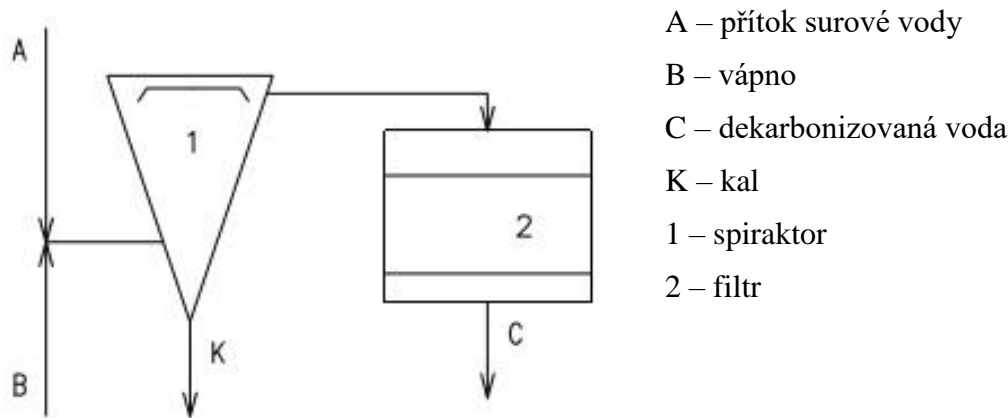
Srážení vápnem se používá jako nejlevnější způsob předúpravy vody před jinými, nákladnějšími způsoby. Často slouží k úpravě vody pro chladicí okruhy, kde je především nutno odstranit hydrogenuhličitan vápenatý. Přídavkem vápna se odstraní současně z vody oxid uhličitý podle následujících rovnic:



S ohledem na čistotu vápna a účinnost srážení je nutno počítat se zvýšením dávky vápna o 10 – 20% [3].

Nevýhodou této jednotky jsou značné prostorové nároky a velké množství odpadajícího kalu [3].

Výhodnější je dekarbonizace kontaktní, která používá zařízení zvané spiraktor, které je zobrazeno na obr. 4.2. Voda s nadávkovaným vápnem se přivádí tangenciálně do spodní úzké části spiraktoru rychlostí asi 5 m/s. Do zařízení vstupuje tryskou a její pohybová energie se využívá ke kroužení ve spirále. Reakční doba surové vody s kontaktní hmotou ve spiraktoru se zkracuje na 5 – 15 min. proti několika hodinám při klasické dekarbonizaci [3].

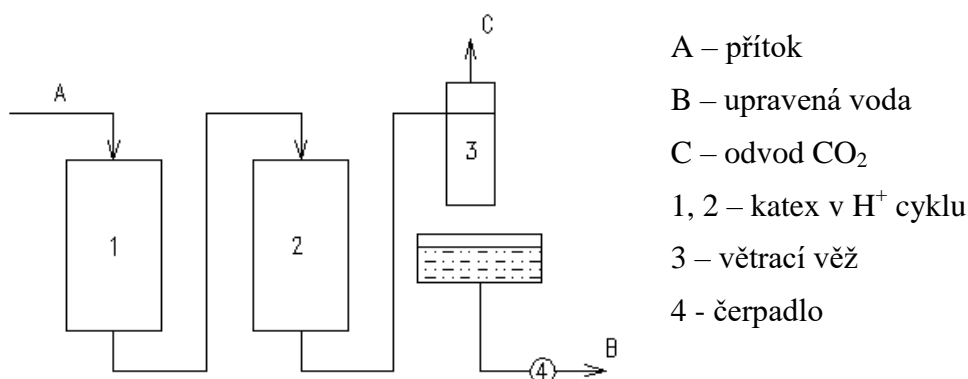


Obr. 4.1 Schéma spiraktoru [3]

4.1.4 Dekarbonizace výměnou iontů

Provádí se v kolonách naplněných silně kyselým katexem v H^+ cyklu. Katex má schopnost zachycovat ionty kovů a uvolňovat odpovídající ionty ve formě volných kyselin až do doby. Kdy pH vody klesne na 5 až 6. Při tomto pH dochází k uvolnění iontu HCO_3^- . Kationty vázané na anionty silných kyselin (chloridy, dusičnany, sírany) se nevymění. Za těchto podmínek upravená voda obsahuje všechny původně obsažené soli silných kyselin a CO_2

ekvivalentní hydrogenuhličitanům obsaženým v upravované vodě. Schéma jednotky na dekarbonizaci vody je zobrazeno na obr. 4.2 [3].



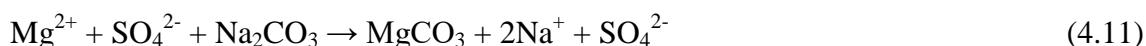
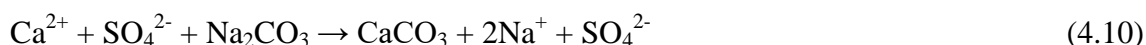
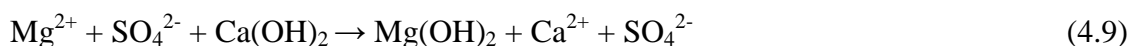
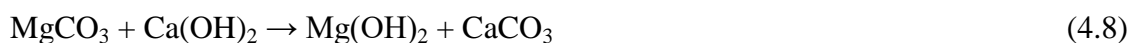
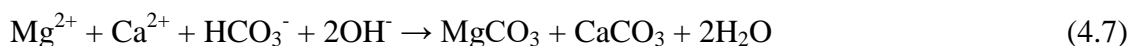
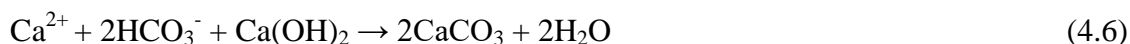
Obr. 4.2 Schéma jednotky na dekarbonizaci vody [3]

4.2 ÚPLNÉ ODSTRANĚNÍ VÁPNIKU A HOŘČÍKU Z VODY

Všechny rozpustné formy vápníku a hořčíku lze z vody odstranit srážením v podobě málo rozpustných sloučenin, iontovou výměnou příp. membránovými procesy. Ke srážení se v závislosti na složení surové vody používají samostatně nebo v kombinaci činidla (hydroxid vápenatý, hydroxid sodný, uhličitan sodný a uhličitan fosforečný) [3].

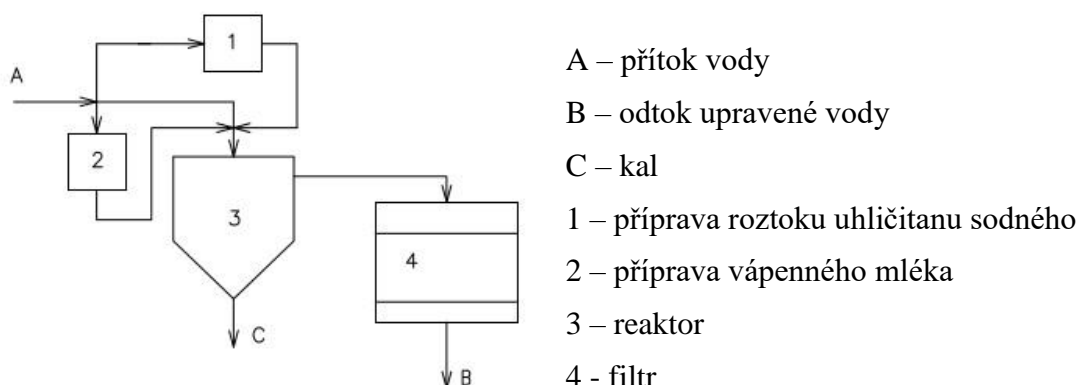
4.2.1 Srážení vápnem a sodou

V praxi se tento způsob používá nejčastěji pro svoji univerzálnost. Hydroxidem vápenatým se z vody odstraní karbonátové formy obou kationtů a nekarbonátové formy hořčíku. Současně se na CaCO₃ převede i volný oxid uhličitý. Neuhličitanové formy vápníku a hořčíku se vysrážejí uhličitanem sodným. Reakce probíhá dle rovnic:



Podobně jako u dekarbonizace, i v tomto případě se volí provozní dávky o 5 až 10% vyšší než dávky vypočítané. Kontrola dávek se provádí na základě hodnot KNK_{4,5} a KNK_{8,2} stanovených v upravené vodě. Dávkování bude správně, bude-li KNK_{4,5} dvojnásobkem

$KNK_{8,2}$. Bude-li $2 KNK_{8,2} > KNK_{4,5}$, dávka vápna byla příliš vysoká, při $2KNK_{8,2} < KNK_{4,5}$ byla dávka vápna nedostatečná a musí se zvýšit [3].

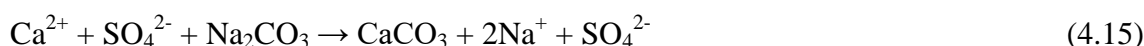
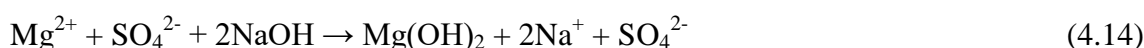


Obr. 4.3 Odstranění vápníku a hořčíku vápnem a sodou [3]

4.2.2 Srážení hydroxidem sodným a sodou

Způsob je vhodný pro vody s vysokým obsahem vápníku a hořčíku nebo vody s převládajícím obsahem hořčíku. Lze jej použít také u vod, ve kterých jsou oba kationty vázány převážně na anionty silných minerálních kyselin. Náhradou hydroxidu vápenatého hydroxidem sodným vzniká kromě sraženin $CaCO_3$ a $Mg(OH)_2$ také uhličitan sodný, který reaguje se složkami neuhličitanového charakteru [3].

Průběh sraženin lze vyjádřit reakcemi:



4.2.3 Srážení fosforečnany

Tento způsob patří k nejúčinnějším. Důvodem je velmi nízká rozpustnost sloučenin, vznikajících při srážení.

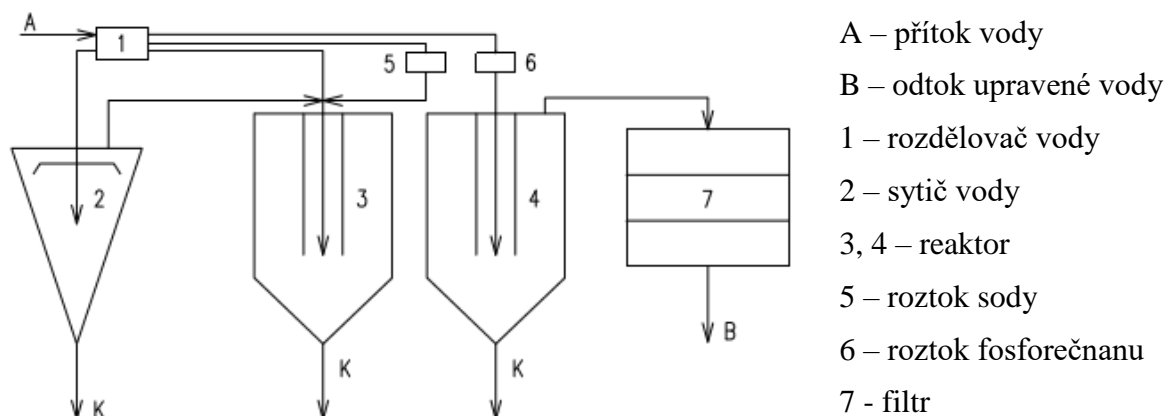
Srážení lze vyjádřit reakcemi:



Ke srážení se používá $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ nebo polyfosforečnan nazývaný hexametafosfát $(NaPO_3)_6$. Volba fosfátu závisí na hodnotě $KNK_{4,5}$ upravované vody, přípustném obsahu P_2O_5 v kotli a jeho ceně. Normální fosforečnan sodný zvyšuje $KNK_{4,5}$ upravované vody, hydrogen a dihydrogenfosforečnan sodný ji snižují. Nutná reakční doba při teplotě 70 až 90°C se

pohybuje mezi 10 a 30 min. Dávkuje se 250 – 300 mg/l $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ na mmol/l obsahu Ca^{2+} a Mg^{2+} [3].

Výhodou tohoto způsobu je, že jediným srážedlem lze z vody odstranit všechny zastoupené rozpuštěné formy vápníku a hořčíku. Další výhodou je tvorba hrubozrnné, snadno separovatelné sraženiny. Vyrůstá také ochranný účinek vody před korozi. Převážná část iontů vápníku a hořčíku se v prvním stupni odstraní uvedenými srážedly a jejich zbytkový obsah se poté sníží ve druhém stupni srážením fosforečnanu. Schéma jednotky je zobrazeno v obr.4.4 [3].



Obr. 4.4 Dvoustupňové srážení vápníku a hořčíku [3]

Použití různých srážedel v závislosti na formě vápníku a hořčíku zastoupené v upravované vodě je uveden v tab. 4.1.

Tab. 4.1 Použití srážedel v závislosti na formě vápníku a hořčíku ve vodě [3]

Srážedlo	Forma Ca^{2+} a Mg^{2+}
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	převážně uhličitanová
$\text{Ca}(\text{OH})_2$ a Na_2CO_3	uhličitanová a neuhličitanová
NaOH a Na_2CO_3	uhličitanová a neuhličitanová
NaOH	převážně uhličitanová
Na_2CO_3	převážně neuhličitanová
Na_3PO_4	uhličitanová a neuhličitanová

4.2.4 Odstraňování vápníku a hořčíku ve formě komplexů

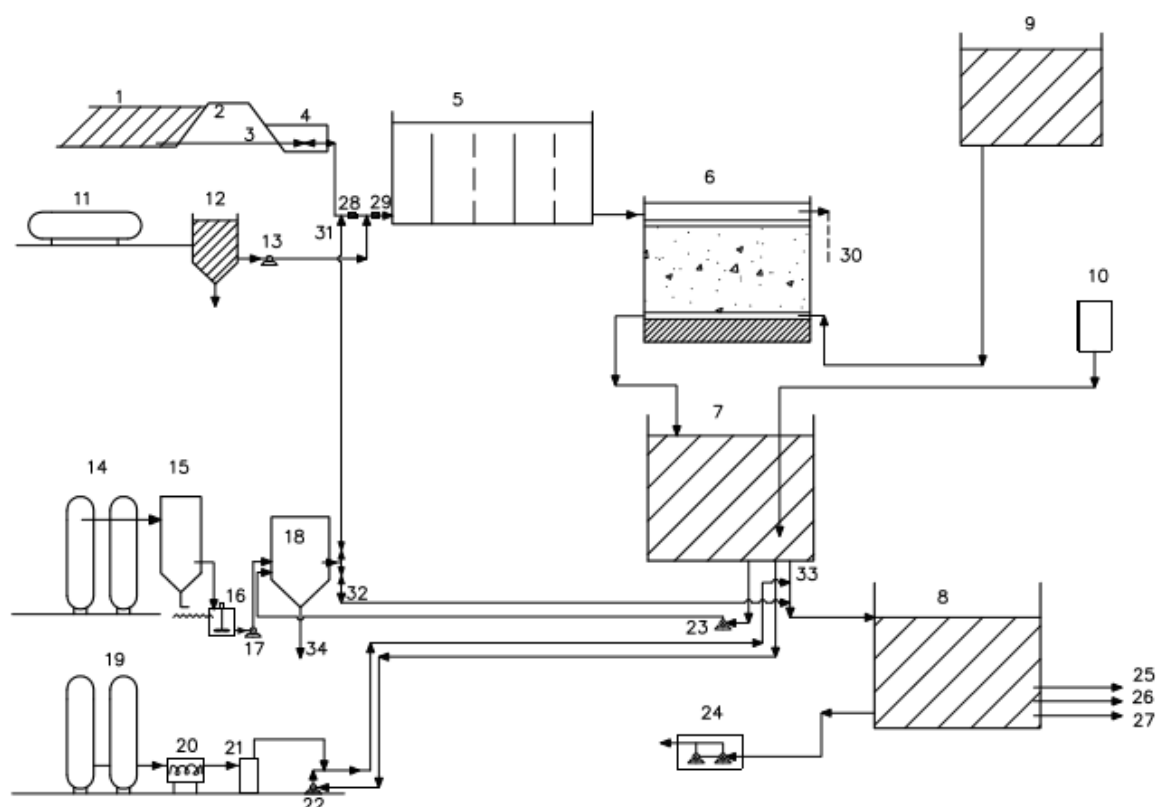
Organická komplexotvorná činidla vytvářejí ve vodě s disociovanými ionty kovů nedisociované y – komplexy (tzv. cheláty). K těmto činidlům patří Syntrony s označením A, B, C a D. Pro úpravu vody se nejlépe hodí Syntron B. Syntron B je čtyřsodná sůl kyseliny etylendiaminotetraoctové Na_4EDTA . Použití těchto činidel má řadu výhod.

Nevznikají z upravené vody v kotlích nánosy, odpadá proto jejich odstraňování. Dávkování a kontrola pro obsluhu dávkovacích zařízení jsou jednoduché, navíc mohou být spojeny i s dávkováním jiných činidel (siřičitan, hydrazin a další). Při výpočtu dávky Syntronu B se vychází z reakce, podle které 1 mol této látky váže 1 mol Ca^{2+} a Mg^{2+} [3].

5 TECHNOLOGIE ZTVRZOVÁNÍ VODY NA ÚV

5.1 ZTVRZOVÁNÍ VODY NA ÚV MEZIBOŘÍ

Úprava vody Meziboří upravuje povrchovou vodu z údolní nádrže Fláje. V nádrži je akumulovaná velmi měkká povrchová voda s nízkou solností, huminového charakteru (3 – 8 mg/l), nízkou hodnotou KNK (0,05 – 0,25 mmol/l), hodnotami CHSK_{Mn} od 3,0 do 7,0 mg/l O_2 . Technologické zařízení vč. objektu skladování a odpařování CO_2 bylo vybudováno v rámci druhé etapy rekonstrukce v letech 1991 – 1994. Po provedení komplexních zkoušek dávkování CO_2 koncem března 1994 probíhal zkušební provoz do konce roku 1994. Technologické schéma úpravy vody je uvedeno v obr. 5.1 [16].



Obr. 5.1 Technologické schéma ÚV Meziboří [16]

Legenda k obr. 5.1:

- 1- vyrovnávací nádrž,
- 2- sypaná zemní hráz,
- 3- přívodní potrubí surové vody,
- 4- odběrný objekt,
- 5- reakční nádrž,
- 6- pískový filtr,
- 7- akumulární nádrž,
- 8- hlavní vodojem upravované vody,
- 9- vodojem prací vody,
- 10- chlorátory ADVANCE,

- 11- zásobní nádrže síranu hlinitého,
- 12- ředící nádrže síranu hlinitého,
- 13- dávkovač síranu hlinitého,
- 14- síla hydrátu vápenatého,
- 15- denní zásobník vápna,
- 16- dávkovač vápna,
- 17- dávk. čerpadlo vápenného mléka,
- 18- sytič vápenné vody Sigma,
- 19- zásobní nádrže CO₂,
- 20- odpařovací stanice CO₂,
- 21- dávkovače CO₂ W – T,
- 22- čerpací stanice pro injektory CO₂,
- 23- čerpadla ředící vody do sytiče,
- 24- čerpací stanice pitné vody pro město Meziboří,
- 25- zásobovací řad DN 800 mm pro Ústí nad Labem,
- 26- zásobovací řad DN 600 mm pro Teplice,
- 27- zásobovací řad DN 500 mm pro Most,
- 28- směšovač Helax,
- 29- směšovač Helax,
- 30- odvádění kalové prací vody z filtrů,
- 31- předalkalizace surové vody (vápenná voda),
- 32- stabilizace upravené vody a vápenná vody pro ztvrdování,
- 33- dávkování CO₂ do upravené vody,
- 34- odkalování sytiče vápenné vody.

Úpravna vody Meziboří byla nadále rekonstruována z důvodu četnosti poruch. Bylo rozhodnuto doplnit na ÚV první separační stupeň, rekonstruovat pískovou filtraci, akumulární nádrže pod pískovou filtraci a související armaturní prostor, doplnit a modernizovat chemické hospodářství. Tato rekonstrukce byla naplánovaná na 34 měsíců. Zkušební provoz ÚV byl zahájen v květnu 2015 a ukončen v dubnu 2016 [17].

Složení technologické linky ÚV po rekonstrukci:

- jímací objekt surové vody z vyrovnávací nádrže,
- dávkování chemikálií před reakční nádrží,
 - oxid uhličitý
 - vápenný hydrát ve formě vápenné vody
 - manganistan draselný (v případě, že probíhá proces odmanganování)
 - síran hlinitý (v případě, že neprobíhá proces odmanganování)
- reakční nádrž,
- dávkování chemikálií za reakční nádrží,
 - oxid uhličitý (alternativně)
 - vápenný hydrát ve formě vápenné vody (alternativně)
 - síran hlinitý (v případě, že probíhá proces odmanganování)
- první separační stupeň (flotace),

- dávkování polymerního flokulantu do flotace,
- dávkování chemikálií před pískovými filtry,
 - polymerní flokulant (za flotaci)
 - alternativně vápenný hydrát ve formě vápenné vody
- druhý separační stupeň – osm pískových rychlofiltrů ($8 \times 45\text{m}^2$),
- akumulární nádrž, která je umístěna přímo pod pískovou filtrací ($585,4 \text{ m}^3$),
- UV záření,
- dávkování chemikálií,
 - oxid uhličitý
 - vápenný hydrát ve formě vápenné vody
 - chlor
 - síran amonný
- akumulace upravené vody ($4 \times 2125 \text{ m}^3$),
- kalové hospodářství (vyrovnávací nádrž se zahuštěním odpadních vod, odvedení do kanalizace a odsazená voda do Poustevnického potoka.

Jako velmi přínosné se projevilo doplnění prvního separačního stupně – flotace. Její zprovoznění znamená výrazné odlehčení linky filtrace. Účinnost linky (CHSK_{Mn}) se v celoročním provozu pohybuje v rozmezí 35 – 37% pro nepříznivé zimní období s velmi nízkou teplotou surové vody. Pro ostatní části roku se účinnost pohybuje v rozmezí 46 – 62% [17].

5.2 ZTVRZOVÁNÍ VODY NA ÚV SOUŠ

Zdrojem surové vody pro úpravu vody je vodárenská nádrž Souš vybudovaná v roce 1915, která je umístěna na řídce Černá Desná. Kvalita surové vody je typická pro Jizerské hory, voda má nízké pH, nízkou mineralizaci, poměrně vysoký obsah organických látek, zejména huminových kyselin [18, 19]

V letech 2006 – 2009 proběhla na úpravně vody rozsáhlá rekonstrukce, která byla vyvolána jak technickým stavem po více než třiceti letech provozování, tak zpřísnujícími se požadavky na kvalitu pitné vody. Zkušební provoz byl zahájen 1.8.2009 a skončil 31.7.2010. [18].

Jednotlivá zařízení na ÚV Souš jsou řazena takto:

- před dávkováním chemikálií je umístěno měření ÚV absorbance,
- dávkování oxidu pro předztvrzení,
- dávkování síranu hlinitého,
- dávkování chlóru pro předchloraci,
- dávkování vápna ve formě vápenného mléka,
- za každým místem dávkování je umístěn homogenizační element,
- dávkování chemikálií je společné jak pro technologickou linku, tak pro obtok reakčních nádrží,
- je zachována možnost pro dávkování síranu hlinitého do několika míst, tj. surová voda, 1.rychlomísíč a před 2.rychlomísíčem.

5.3 MOŽNOST ZTVRZOVÁNÍ VODY NA ÚV HRIŇOVA

Zdrojem surové vody pro úpravu vody slouží povrchová voda zachycená ve vodárenské nádrži Hriňová, která se nachází na Slovensku. Koncentrace vápníku v surové vodě je v rozmezí 9,7 – 10,2 mg/l. Na základě uskutečněných zkoušek ztvrdování surové a upravené vody na ÚV Hriňová bylo provozovateli doporučeno ztvrdování upravené vody, jelikož koncentrace vápníku v upravené vodě se pohybuje v rozmezí 10,3 – 16,6 mg/l. [12].

5.3.1 Technologická linka přípravy a dávkování vápenného hydrátu

Technologická linka by se měla skládat z těchto částí:

- Skladování vápenného hydrátu

Forma skladování vápenného hydrátu se volí s ohledem na velikost úpravní vody a spotřebu vápna:

- pro malé úpravní vody postačuje skladování v pytlích a ruční manipulace s pytlí,
- pro velké úpravní vody je využíváno skladování vápenného hydrátu dopravovaného cisternami ve vertikálních silech. Doprava vápenného hydrátu je zajišťována pneumaticky vysušeným vzduchem.

- Příprava vápenného mléka

Prvním krokem je příprava vápenného mléka o koncentraci 2-4%. Technické řešení se odlišuje podle systému skladování:

- skladování v pytlích – pomocí mechanické násypky (výklopníku pytlů) je z pytlů nasypán vápenný hydrát do míchané rozpouštěcí nádrže, do které je přidáváno odpovídající množství ředící vody a je tak vyrobeno vápenné mléko,
- skladování v silech – vápno je ze sil dopravováno gravitačně, mechanicky (dopravník) nebo pneumaticky do zásobníků před suchými dávkovači. Suché dávkovače zajišťují poměrně přesné dávkování vápenného hydrátu do rozpouštěcí nádrže, kde přidáním ředící vody probíhá příprava vápenného mléka.

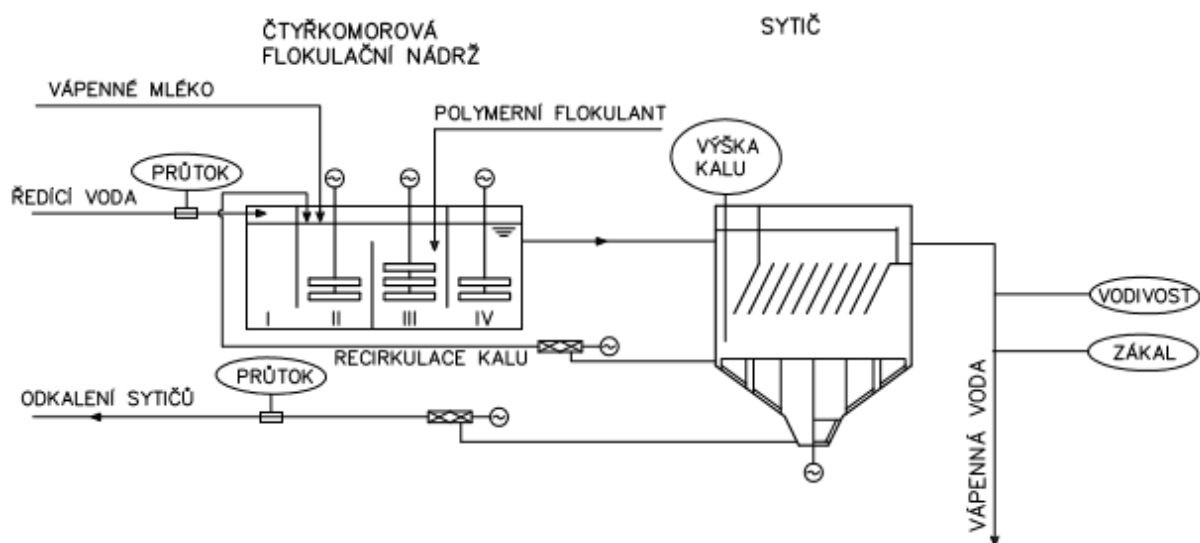
- Sytič vápenné vody

Sytič vápenné vody slouží k přípravě vápenné vody. Do sytiče je přiváděna ve stanoveném poměru ředící voda a vápenné mléko. Syčením ředící vody vzniká vápenná voda o koncentraci 0,1% CaO. Nerozpouštěné části vápna sedimentují a jsou odváděny při pravidelném odkalování do jímky vápenných kalů.

V současnosti jsou k dispozici dva typy vápenných sytičů:

- ocelové kruhové nádrže s konusovou spodní částí válce, do kterých je vápenné mléko a ředící voda přiváděna spodní částí konusu,
- sytiče navržené na principu sedimentační nádrže s lamelovou vestavbou s předřazeným mícháním (obr. 5.2).

- Dávkování vápenného hydrátu, ať už ve formě vápenného mléka, či vápenné vody vyžaduje provedení řádné homogenizace s upravovanou vodou. Při nedostatečné homogenizaci se zvyšuje riziko sedimentace zbytků vápna v potrubí.



Obr. 5.2 Schéma sytiče typu "Pasavant" [12]

5.3.2 Technologická linka přípravy a dávkování oxidu uhličitého

Příprava a dávkování oxidu uhličitého je na rozdíl od vápna podstatně jednodušší:

- skladování oxidu uhličitého je zajišťováno v horizontálních či vertikálních tlakových nádržích,
- odběr plynného oxidu uhličitého zajišťuje odpařovací stanice, která je obvykle součástí instalace tlakových nádrží,
- následuje dávkování oxidu uhličitého, při kterém je plyn přidáván do pohonné vody a do místa dávkování je dopravována směs vody s vysokou koncentrací oxidu uhličitého.

6 DOÚPRAVA VODY U SPOTŘEBITELE

Výrobky a zařízení, které jsou firmami nabízené k změkčování vody, můžeme rozdělit do základních skupin:

1. zařízení na principu fyzikálním (např. magnetická úprava vody, elektromagnetická úprava vody s externím zdrojem elektrické energie, ultrazvuk atp.),
2. zařízení na principu chemickém (např. zařízení, kde je upravovaná voda vedena materiálem, který má alkalizační účinek).

6.1 ZAŘÍZENÍ NA PRINCIPU FYZIKÁLNÍM

Výrobky této skupiny jsou účinné do různého stupně a do různé vzdálenosti od jejich umístění, zejména pro vody s vysokou tvrdostí a kladným indexem uhličitanové rovnováhy, tj. ty které po ohřátí tvoří inkrusty s převahou CaCO_3 [6].

Pro tato zařízení bylo vydáno stanovisko Národním referenčním centrem (NRC) pro pitnou vodu, Které vydal vedoucí NRC MUDr. František Kožíšek, CSc. Uvádí se zde, že magnetickou úpravou vody nedochází ke změně obsahu chemických prvků a sloučenin, dochází však ke změně některých jejích forem a především ke změně fyzikálních vlastností vody, např. povrchového napětí. Takto upravená voda tedy mění oproti vstupní vodě svůj charakter – také co do biologického účinku na živé systémy [10].

Nová vyhláška 409/2005 Sb. (o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s pitnou vodou a na úpravu vody) již v § 14 odst. 5 k (elektro)magnetické úpravě jasně uvádí, že pro úpravu teplé vody, nikoliv však pitné vody, lze kromě technologických postupů uvedených v odstavci 3 použít rovněž magnetickou a elektromagnetickou úpravu vody [10].

Účinek magneticky upravené vody na lidský organismus však může být, podle údajů literatury, nejen negativní, ale i pozitivní. Závisí na kvalitě takto upravené vody a především na momentálním zdravotním stavu organismů. Některé publikované práce z USA dokládají určitý prospěšný vliv magneticky upravené vody, používané k výplachu úst, na omezení tvorby zubního kamene a zubního povlaku. Pitná voda, určená k trvalé spotřebě všech obyvatel (bez ohledu na jejich zdravotní stav), by však měla být svým biologickým účinkem neutrální a neměla by spotřebitelům ani po dlouhodobé konzumaci působit prokazatelně nežádoucí změny vnitřního prostředí. Dosud nebyla provedena (nebo alespoň zveřejněna) žádná studie, která by prokázala, že dlouhodobé pití magneticky upravené vody je zdravotně nezávadné, i když množství krátkodobých experimentů naznačuje opak. Z tohoto důvodu se nedoporučuje pitnou vodu upravovat působením magnetického pole [10].

6.1.1 Elektromagnetická úprava vody

Tato technologie spočívá v průchodu kapaliny elektromagnetickým polem. Tím získá voda tu vlastnost, že vylučovaný inkrust se tvoří v několikanásobné míře, nebo se jeho tvorba zcela zastaví. Látky rozpuštěné ve vodě se vylučují ve formě drobnokrystalického, po případě amorfního kalu, který lze vyplavit, vyfoukat nebo jinak snadno odstranit [6].

Chemické složení se elektromagnetickou úpravou nemění, voda se tedy chemicky nezměkčí, ale má vlastnosti měkké vody. Za podmínky, že mikroskopické jemné krystalky z krystalických látek vzniklé touto úpravou se dostanou do kontaktu s inkrusty a postupně je rozpustí na jemný kal [6].

Elektromagnetické zařízení uloženo mimoprůtočný profil

K těmto technologiím patří např. Dr. Vap od firmy Tyrís Technology s.r.o. Jde o zařízení, které pracuje pomocí střídavého elektromagnetického pole v cívce navinuté na vodovodní potrubí. Při použití zařízení Dr. Vap pro rodinný domek nebo pro domácnost je vhodné umístění na začátku vodovodního systému. U veřejné přípojky za vodoměr, u vlastního zdroje mezi čerpadlo a vodárnu. Veškeré modely tohoto typu včetně ceny, kmitočtovým pásmem a vhodnosti využití udávané výrobcem jsou v tab. 6.1 [6].

Mezi hlavní výhody udávané výrobcem patří:

- ochrana proti usazování vodního kamene,
- již vytvořený kámen se pozvolna rozpouští,
- udrží čistá sedla vodovodních kohoutků i dalších armatur,
- ochrání pračku, boiler, karmu, kotel, kávovar, varnou konvici před usazeninami, není třeba používat změkčovací přípravky,
- upravená voda prospívá rostlinám, podporuje klíčivost,
- snadná instalace i pro laika bez demontáže potrubí, nevyžaduje žádnou údržbu,
- neruší elektrické přístroje ani neobtěžuje okolí hlukem,
- zanedbatelné provozní náklady, spotřeba cca 1 kWh za měsíc,
- bezpečnost provozu je zajištěna použitím nízkého napájecího napětí 12V.

Tab. 6.1 Technologické charakteristiky modelů Dr.Vap [6]

Model	Cena	Kmitočtové pásmo	Vhodnost
	Kč vč. DPH	kHz	
ULTRAVAP X6 Profesional+	2 360	0,25 - 40	Penziony, činžovní domy
Dr.Vap III - Turbo profesional	1 960	0,35 - 30	Penziony, větší rod. domy
Dr.Vap IV - Family	1 480	0,6 - 20	Rodinné domy
SUPERVAP 5 HD	1 180	0,6 - 20	Rodinné domy, větší byty
SUPERVAP mini	888	0,6 - 20	Všechny byty



Obr. 6.1 Technologie Dr. Vap IV od firmy Tyris Technology [6]

Elektromagnetické zařízení uloženo v průtočném profilu

K těmto technologiím patří např. Anticalc od firmy GEOCENTRUM s.r.o. nebo firmy Aquasar. Použití technologie Anticalc je vhodné pro rozvody studené vody, rozvody teplé vody, vodovodní baterie, automatické pračky a myčky nádobí, ohřev vody (bojler), tepelná čerpadla voda-voda atd. Vhodné je umístění u veřejné přípojky za vodoměr, u vlastního zdroje za čerpadlo a u ústředního topení do okruhu na zpátečku. Výrobce uvádí, že po instalaci zařízení Anticalc dojde k odstranění starých inkrustů po 6 – 9 měsících [7, 8].

Tab. 6.2 Technologické charakteristiky modelů Antical® [7]

Model	Připojení	Určeno	Cena
	"		Kč vč. DPH
Antical® PLUS 2010	3/4	Všechny typy rozvodu, panelové domy a náročné výrovbní provozy	7 990
Antical® PLUS 2010	1	Všechny typy rozvodu, panelové domy a náročné výrovbní provozy	7 990
Antical®	1	Všechny typy rozvodu, panelové domy a náročné výrovbní provozy	8 325



Obr. 6.2 Technologie Anticalc od firmy GEOCENTRUM TEPLICE [8]



Obr. 6.3 Technologie Anticalc od firmy AQUASAR [7]

6.1.2 Technologie NaturSoft změkčovače na principu bez soli

Princip této technologie spočívá v tom, že při průtoku tvrdé vody přes náplň změkčovače NaturSoft se vytváří nadbytečný vápník (Ca) molekuly uhličitany vápenatého (CaCO_3), které jsou elektronicky neutrální. Během procesu se uvolňuje oxid uhličitý (CO_2). Ke vzniku mikrokryсталů CaCO_3 dochází na povrchu granulí náplně a vytváří se kulový krystal, který má zcela odlišnou krystalovou strukturu na rozdíl od vápníku tvořícího vodní kámen [13].

Ve své praktické aplikaci je technologie NaturSoft provozována ve fluidním loži. Vlivem protékající vody jsou mikrokrystaly uvolňovány do vodního toku. Krystaly jsou bez náboje (protože se iontové náboje těchto vzniklých bloků uhličitany vápenatého a vápníku neutralizují navzájem) a pohybují se v proudu vody bez schopnosti a možnosti usadit se nebo jinak přilnout k povrchům po cestě. Tyto krystaly fungují jako očkovací krystaly přitahující další minerály a splňují přesně stejnou funkci v proudu vody jako náplň NaturSoft v nádrži změkčovače [13].

Tato technologie je prakticky bezúdržbová, náplň nevyžaduje žádnou regeneraci nebo výměnu. Dochází pouze k výměně vložky filtru v sedimentační nádrži každých 6-9 měsíců. Aby tato technologie mohla garantovat 100% výkon zařízení, musí splňovat podmínky pH vody 7-11, max. tvrdost 12,8 mmol/l, max. obsah železa a manganu 0 mg/l, max. obsah sirovodíku 0 mg/l. Technické charakteristiky a typové řady jsou uvedeny v tab. 6.3 [13].

Tab. 6.3 Technické charakteristiky technologie NaturSoft [13]

Označení	Kapacita	Max. průtok	Připojení potrubí	Provozní tlak	Provozní teploty	Cena vč. DPH
	koupelny	m ³ /h	"	bar	°C	Kč
NS3	1 - 3	2,3	1	1,7 - 5,5	2 - 48	38 825
NS6	4 - 6	3,4	1	1,7 - 5,5	2 - 48	47 799
NS3 PUV-7	1 - 3	2,3	1	1,7 - 5,5	2 - 48	60 075
NS6 PUV-14	4 - 6	3,4	1	1,7 - 5,5	2 - 48	74 292



Obr. 6.4 NaturSoft NS3 [13]

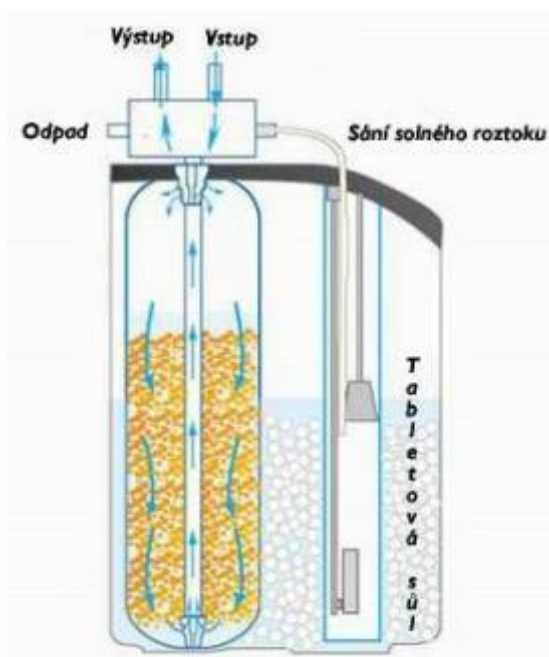
6.2 ZAŘÍZENÍ NA PRINCIPU CHEMICKÉM

6.2.1 Iontová výměna se solí pomocí technologie TZB CalKo

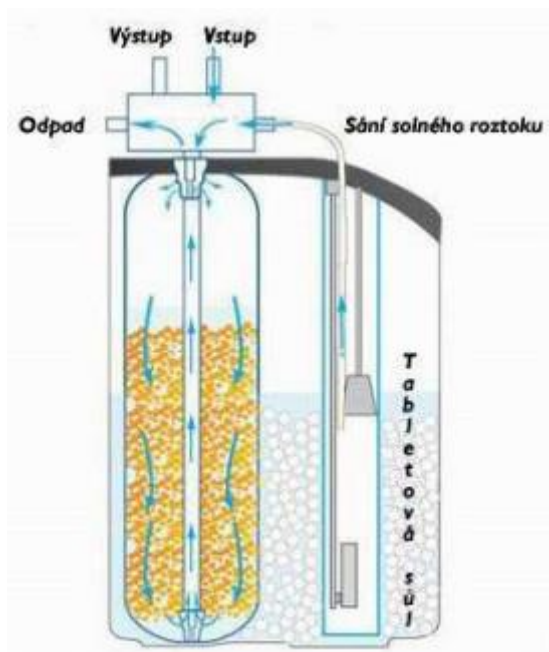
Tato technologie funguje na principu iontové výměny, kdy jsou ionty vápníku a hořčíku ve vodě nahrazovány sodíkem, který je pro člověka neškodný. Díky němu se pak netvoří vápenaté usazeniny (inkrusty). Při úpravě vody pomocí iontoměníče s náplní katexové pryskyřice (dále jen katex) pracujícím v Na⁺ cyklu se z vody odstraňují kationty vápníku Ca²⁺ a hořčíku Mg²⁺. Kationty vápníku Ca²⁺ a hořčíku Mg²⁺ jsou nahrazeny kationty sodíku Na⁺. Po vyčerpání kapacity katexu dochází k regeneraci katexové pryskyřice nasyceným solným roztokem chloridem sodným NaCl (tabelovaná sůl obsažená v nádrži zařízení je ponořená ve vodě a vytváří nasycený solný roztok). Do odpadu změkčovače odchází při regeneraci chloridy vápníku a hořčíku [9].

V praxi to funguje tak, že řídicí jednotka GE Autorol LOGIX hlídá časově nebo objemově kapacitu katexu a dle potřeby zregeneruje katex. Při regeneraci se nejdříve katex opláchne čistou vodou při tzv. reverzním chodu, aby se usazeniny uvolnily, a následně se do ní pustí solný roztok, který provede zmíněnou výměnu iontů. Dalším krokem je opětovný oplach katexu čistou vodou, který následně odtéká do odpadu. Nakonec řídicí jednotka dopustí vodu do nádrže se solí, aby pro další regeneraci byl připraven nasycený roztok. Po dobu regenerace

je pitná voda dostupná ale neupravená přes aktivovaný By-pass (součást změkčovače). Proto také řídicí jednotka provádí regeneraci v nastavených nočních hodinách, kdy je předpoklad, že odběr vody bude naprosto minimální [9].



Obr. 6.5 Provozní stav [9]



Obr. 6.6 Stav regenerace [9]

Tab. 6.4 Technické charakteristiky TZB CalKo [9]

Označení	Připojení	Množství náplně [l]	Spotřeba solí [kg/1 reg.]	Nominální průtok [m ³ /h]	Maximální průtok [m ³ /h]	Kč vč. DPH
08 CalKo	1"	8	1,2	0,5	1,2	15 802
15 CalKo	1"	15	2,25	0,7	1,5	17 798
25 CalKo	1"	25	3,75	1	1,8	19 990
30 CalKo	1"	30	4,3	1,1	1,9	21 755

6.2.2 Iontová výměna se solí od firmy CULLIGAN.CZ s.r.o.

Firma Culligan nabízí celou řadu změkčovacích zařízení, jako jsou např. Riversoft, Medallist, Kabinety Elegant, Ekonomik, HE změkčovače, Filtry S, Twin base, ULTRA LINE [11].

Zařízení Riversoft

Jedná se o kabinetní změkčovací filtry, vhodné do bytů a rodinných domů. Vzhledem k umístění nádoby s ionexem i regenerační soli v jedné společné nádobě je tento filtr vhodný k instalaci i v místech, kde je malý prostor. Filtry jsou k dispozici i s bypassem pro rychlé připojení rozvodu vody a odpojení. Technické charakteristiky a typové řady jsou uvedeny v tab. 6.5 [11].

Tab. 6.5 Technické charakteristiky zařízení Riversoft [11]

Označení	Servisní průtok	Kapacita zařízení	Spotřeba solí na regeneraci	Množství katexu	Kapacita solného tanku	Cena vč. DPH
	m ³ /h	°f*m ³	kg	l	kg	Kč
Riversoft 4	0,14	21	0,42	3,5	6	10 370
Riversoft 8	0,32	48	0,96	8	25	12 060
Riversoft 15	0,64	96	1,92	15	50	14 240
Riversoft 30	1,2	150	3,2	30	50	15 810



Obr. 6.7 Zařízení Riversoft 8 [11]

Změkčovací filtry Medallist

Tato zařízení lze použít v rodinných a bytových domech nebo pro komerční použití. Veškeré typové řady mají připojení $\frac{3}{4}$ ". Technické charakteristiky a typové řady jsou uvedeny v tab. 6.6 [11].

Tab. 6.6 Technické charakteristiky změkčovacích filtrů Medallist [11]

Označení	Servisní průtok	Kapacita zařízení	Spotřeba soli na regeneraci	Množství katexu	Kapacita solného tanku	Cena vč. DPH
	m ³ /h	°f*m ³	kg	l	kg	Kč
Global Cabinet	1,8	60	3	10	20	20 990
Medalist 910/30	1,8	60	3	10	30	20 440
Medalist 910/50	1,8	60	3	10	50	20 990
Medalist 915	1,8	105	4	30	50/100	20 990 / 21 530
Medalist 925	1,8	175	6	25	140	22 890
Medalist 1042	1,8	260	8	42	140	26 980



Obr. 6.8 Global Cabinet [11]

Zařízení Ekonomik

Jedná se o malé a středně velké změkčovače vody, vhodné pro domácnost, ale i pro firmy. Mohou být umístěny v rodinných domech i bytech. Technické charakteristiky a typové řady jsou uvedeny v tab. 6.7 [11].

Tab. 6.7 Technické charakteristiky pro zařízení Ekonomik [11]

Označení	Průtok	Kapacita	Katex	Solný tank	Spotřeba soli	Připojení vstup/výstup	Cena vč. DPH
	m ³ /h	°f*m ³	l	D x H (mm)(V)	kg	"	Kč
EK 15	2	95	15	500x800 (100 LT)	2,0	3/4	18 420
EK 20	3	130	20	500x800 (100 LT)	2,6	3/4	18 800
EK 28	3	185	28	500x800 (100 LT)	3,6	3/4	19 890
EK 50	5,7	310	50	500x800 (140 LT)	6,5	1	22 810



Obr. 6.9 Zařízení Ekonomik [11]

Kabinety Elegant

Jedná se o malé a středně velké změkčovače vody, vhodné zejména pro domácnost. Mohou být umístěny v rodinných domech i v bytech. Technické charakteristiky a typové řady jsou uvedeny v tab. 6.8 [11].

Tab. 6.8 Technické charakteristiky pro Kabinety Elegant [11]

Označení	Kapacita	Spotřeba soli	Průtok	Katex	Připojení vstup/výstup	Cena vč. DPH
	°f*m ³	kg	m ³ /h	l	"	Kč
EL 8	50	1,3	1,2	8	3/4	17 430
EL 15	95	2,0	1,5	15	3/4	18 990
EL 20	130	2,6	1,8	20	3/4	19 660
EL 28	185	3,6	2,0	28	3/4	20 990



Obr. 6.10 Kabinetní změkčovač Elegant [11]

HE změkčovače

Tento typ zařízení umožňuje úsporu nákladů, přičemž je šetrný k životnímu prostředí. He změkčovače vody, pomocí CULLIGAN patentovaných technologií, jako je např. protiproudá regenerace pryskyřice, optimalizace spotřeby soli a proporcionální regenerace, umožňují snížení spotřeby vody a elektřiny až o 46% ve srovnání s konvenčními změkčovači vody. Technické charakteristiky a typové řady jsou uvedeny v tab. 6.9 [11].

Tab. 6.9 Technické charakteristiky HE změkčovačů [11]

Označení	Kapacita	Spotřeba soli	Průtok	Katex	Připojení vstup/výstup	Cena vč. DPH
	°f*m ³	kg	m ³ /h	l	"	Kč
HE 20	150	5,4	2	20	1	29 830
HE 40	356	8,2	2,1	40	1	38 410
HE 60	401	8,5	2,3	56	1	44 540
HE 90	589	16	2,4	85	1	51 600



Obr. 6.11 HE změkčovač [11]

Změkčovače vody ULTRA LINE

Změkčovače vody ULTRALINE HA a HB jsou automatické změkčovače s náplní CULLEX určené pro průmyslové aplikace. Změkčovače ULTRALINE jsou konstruované z oceli, zevnitř chráněné vrstvou epoxidové pryskyřice vhodné pro styk s pitnou vodou a zvenku vypalovaným polyesterovým lakem. Regenerace katexové náplně je možná trojím způsobem (podle nastavených časových intervalů, na základě objemu upravené vody, podle vyčerpání výměnné kapacity náplně. Technické charakteristiky a typové řady jsou uvedeny v tab. 6.10 a 6.11 [11].

Tab. 6.10 Technické charakteristiky zařízení ULTRA LINE HA [11]

Model	ULTRA LINE HA			
	Napojení vstup/výstup (")	Provozní tlak max. (bar)	Výměnná kapacita (°F·m ³)	Výkon max. (m ³ /h)
HA 200	1 1/2	7	1188	18
HA 230	1 1/2	7	1359	18
HA 290	2	7	1698	26
HA 320	2	7	1869	26
HA 430	2	7	2550	30
HA 510	2	7	3060	30
HA 770	2	7	4587	34
HA 850	2	7	5097	34
HA 1200	2	7	7136	34
HA 1400	2	7	8325	34

Tab. 6.11 Technické charakteristiky ULTRA LINE HB [11]

Model	ULTRA LINE HB			
	Napojení vstup/výstup (")	Provozní tlak max. (bar)	Výměnná kapacita (°f*m ³)	Výkon max. (m ³ /h)
HB 770	2 ¹ / ₂	7	4587	50
HB 850	2 ¹ / ₂	7	5097	50
HB 1200	2 ¹ / ₂	7	7136	50
HB 1400	2 ¹ / ₂	7	8325	50
HB 1700	4	7	10430	114
HB 2100	4	7	11390	114
HB 2500	4	5	16050	114
HB 3000	4	5	18480	114
HB 4500	6	5	28500	227
HB 6600	6	5	42900	227



Obr. 6.12 ULTRA LINE [11]

Změkčovací filtry S

Jedná se o automatický změkčovač s elektronicky řízenou ovládací hlavou LOGIX a laminátovým filtrem s polyetylenovou vložkou. Náplň je katexová pryskyřice Cullex. Je zde možnost časového spouštění regenerace nebo regenerace na základě odměřeného množství skutečně prošlé vody. Technické charakteristiky a typové řady jsou uvedeny v tab. 6.12 [11].

Tab. 6.12 Technické charakteristiky Filtrů S [11]

Model	Filtr S				
	Kapacita ($^{\circ}\text{F}\cdot\text{m}^3$)	Spotřeba soli (Kg)	Průtok (m^3/h)	Katex (l)	Připojení vstup/výstup (")
S 15	90	3	3	15	3/4
S 30	220	7	3	30	3/4
S 50	370	12	5,7	50	1
S 70	520	17	5,7	70	1
S 100	740	18	5,7	100	1
S 120 CV	890	29	5,7	120	1
S 120 SUPER	890	29	12	120	1 $\frac{1}{2}$
S 150 CV	1120	36	5,7	150	1
S 150 SUPER	1120	36	15	150	1 $\frac{1}{2}$
S 200 CV	1490	48	5,7	200	1
S 200 SUPER	1490	48	15	200	1 $\frac{1}{2}$
S 250 SUPER	1860	60	15	250	1 $\frac{1}{2}$
S 300 SUPER	2240	72	15	300	1 $\frac{1}{2}$
S 300 DV 2"	2240	72	23	300	2
S 500 SUPER	3360	108	15	500	2
S 500 DV 2 $\frac{1}{2}$ "	3360	108	33	500	2 $\frac{1}{2}$
S 750 SUPER	5600	180	15	750	2
S 750 DV 2 $\frac{1}{2}$ "	5600	180	33	750	2 $\frac{1}{2}$



Obr. 6.13 Změkčovací Filtr S [11]

Dvojitý změkčovač Twin base

Jedná se o dvojitý změkčovač se dvěma ionexovými filtry se společnou ovládací hlavou a společným solným tankem. Je vhodný pro spotřebiště, kde je stálá spotřeba vody (kuchyně, hotely, provozovny, průmyslové objekty). Provozní parametry pro každý filtr odpovídají řadě S, které jsou v tab. 6.12 (kapacita a rozměry jsou dvojnásobné) [11].



Obr. 6.14 Dvojitý změkčovač Twin base [11]

6.2.3 Iontová výměna se solí od firmy KOWA, spol. s.r.o.

Firma KOWA, spol. s.r.o. nabízí změkčovače pro domácnost, jako jsou např. BS 10, BS MIKRO, BS SILVER, BS GOLD, BS ECO, BS MAXI [14].

Změkčovací zařízení typ BS 10

Jedná se o kabinetní zařízení určené pro jednotlivé spotřebiče (pračky, bojler, myčky). Tento kabinetní změkčovač vody je se snímačem vzduchu v solance a ke všem modelům tohoto zařízení je potřeba 25 kg tabelované soli. Veškeré technické charakteristiky a typové řady jsou uvedeny v tab. 6.13 [14].

Tab. 6.13 Technické charakteristiky a typové řady změkčovače BS10 [14]

Model	Typ řídicí hlavy	Připojení	Rozměry	Množství pryskyřice	Průtok	Cena vč. DPH
		"	v x š x h (mm)			
BS 10 HR 34	RX polobusomat	$\frac{3}{4}$	670 x 360 x 200	5	0,2 - 0,5	8 966
BS 10 SVR34	SVR časové/objemové řízení	$\frac{3}{4}$	670 x 360 x 200	5	0,2 - 0,5	11 253
BS 10 VB34	VB34 časové a objemové řízení	$\frac{3}{4}$	680 x 360 x 200	5	0,2 - 0,5	13 262



Obr. 6.15 Model BS 10 HR34 [14]

Změkčovací zařízení typ BS MIKRO

Jedná se o kabinetní změkčovač vody s možností zabudování do kuchyňské linky. Toto zařízení je vhodné k ochraně malých kuchyňských zařízení (myčka, bojler) před usazováním vodního kamene. V příslušenství se nachází montážní blok a snímač vzduchu v solance. Ke všem modelům typu BS MIKRO je k provozu potřeba 25 kg tabelované soli. Veškeré technické charakteristiky a typové řady jsou uvedeny v tab. 6.14 [14].

Tab. 6.14 Technické charakteristiky a typové řady změkčovače BS MIKRO [14]

Model	Typ řídicí hlavy	Připojení	Rozměry	Množství pryskyřice	Průtok	Cena vč. DPH
		"	v x š x h (mm)	l	m ³ /h	Kč
BS MIKRO 30-VR34	VB34 časové a objemové řízení	$\frac{3}{4}$	600 x 250 x 480	8	0,8 - 1,2	9 970
BS MIKRO 50-VR34	VB34 časové a objemové řízení	$\frac{3}{4}$	600 x 250 x 530	12,5	1,0 - 1,5	10 442



Obr. 6.16 Změkčovač BS MIKRO 50-VR34 [14]

Změkčovací zařízení typ BS SILVER

Jedná se o kabinetní změkčovač vody pro ochranu zařízení v domácnostech (pračky, myčky, bojler) před usazováním vodního kamene. Tento typ změkčovače je vybaven snímačem vzduchu v solance, bez bypassu. Ke všem modelům typu BS SILVER je k provozu potřeba 50 kg tabelované soli. Veškeré technické charakteristiky a typové řady jsou uvedeny v tab. 6.15 [14].

Tab. 6.15 Technické charakteristiky a typové řady změkčovače BS SILVER [14]

Model	Typ řídicí hlavy	Připojení	Rozměry	Množství pryskyřice	Průtok	Cena vč. DPH
		"	v x š x h (mm)	l	m ³ /h	Kč
BS SILVER S30-STR34	STR34 časové řízení	$\frac{3}{4}$	640 x 250 x 440	8	0,8 - 1,2	10 394
BS SILVER S30-SVR34	SVR34 objemové a časové řízení	$\frac{3}{4}$	640 x 250 x 440	8	0,8 - 1,2	11 144
BS SILVER S70-STR34	STR34 časové řízení	$\frac{3}{4}$	1110 x 250 x 440	18	1,5 - 1,8	13 014
BS SILVER S70-SVR34	SVR34 objemové a časové řízení	$\frac{3}{4}$	1110 x 250 x 440	18	1,5 - 1,8	13 782
BS SILVER S100-STR34	STR34 časové řízení	$\frac{3}{4}$	1330 x 250 x 440	25	1,8 - 2,0	15 028
BS SILVER S70-SVR34	SVR34 objemové a časové řízení	$\frac{3}{4}$	1330 x 250 x 440	25	1,8 - 2,0	15 670



Obr. 6.17 Změkčovače typu BS SILVER [14]

Změkčovací zařízení typ BS GOLD

Jedná se o kabinetní změkčovač vody pro ochranu zařízení v domácnostech (pračky, myčky, bojler) před usazováním vodního kamene. Tento typ změkčovače s by-passem je vybaven snímačem vzduchu v solance. Ke všem modelům typu BS Gold je k provozu potřeba 25 nebo 50 kg tabelované soli. Veškeré technické charakteristiky a typové řady jsou uvedeny v tab. 6.16 [14].



Obr. 6.18 Změkčovače typu BS GOLD [14]

Tab. 6.16 Technické charakteristiky a typové řady změkčovače BS GOLD [14]

Model	Typ řídicí hlavy	Připojení	Rozměry	Množství pryskyřice	Průtok	Cena vč. DPH
		"	v x š x h (mm)	l	m ³ /h	Kč
BS GOLD S30-VR34	VR34 objemové a časové řízení	3/4	640 x 250 x 440	8	0,8 - 1,2	11 749
BS GOLD K30-VR34	VR34 objemové a časové řízení	3/4	690 x 340 x 520	8	0,8 - 1,2	12 173
BS GOLD K50-VR34	VR34 objemové a časové řízení	3/4	690 x 340 x 520	12,5	1,0 - 1,5	12 681
BS GOLD K50-VR1	VR1 objemové a časové řízení	1	690 x 340 x 520	12,5	1,0 - 1,5	13 600
BS GOLD S70-VR34	VR34 objemové a časové řízení	3/4	640 x 250 x 440	18	1,5 - 1,8	14 387
BS GOLD K70-VR34	VR34 objemové a časové řízení	3/4	690 x 340 x 520	8	0,8 - 1,2	15 234
BS GOLD S70-VR1	VR1 objemové a časové řízení	1	1110 x 250 x 440	18	1,5 - 1,8	15 270
BS GOLD K100-VR34	VR34 objemové a časové řízení	3/4	1150 x 340 x 520	25	1,8 - 2,0	16 057
BS GOLD K70-VR1	VR1 objemové a časové řízení	1	1150 x 340 x 520	18	1,5 - 2,0	16 141
BS GOLD S100-VR34	VR34 objemové a časové řízení	3/4	1330 x 250 x 440	25	1,8 - 2,0	16 287
BS GOLD K120-VR34	VR34 objemové a časové řízení	3/4	1150 x 340 x 520	30	1,8 - 2,0	16 638
BS GOLD S100-VR1	VR1 objemové a časové řízení	1	1330 x 250 x 440	25	1,8 - 2,0	17 315

Změkčovací zařízení typ BS ECO

Jedná se o kabinetní změkčovač vody pro ochranu zařízení v domácnostech (pračky, myčky, bojler) před usazováním vodního kamene. Tento typ změkčovače s vnitřním by-passovým ventilem a snímačem vzduchu v solance je nejúspornější zařízení vzhledem k nízké spotřebě soli. Ke všem modelům tohoto typu zařízení je potřeba k provozu 50 kg tabelované soli. Veškeré technické charakteristiky a typové řady jsou uvedeny v tab. 6.17 [14].

Tab. 6.17 Technické charakteristiky a typové řady změkčovače typu BS ECO [14]

Model	Typ řídicí hlavy	Připojení	Rozměry	Množství pryskyřice	Průtok	Spotřeba a soli na reg.	Cena vč. DPH
		"	v x š x h (mm)	l	m ³ /h	kg	Kč
BS ECO S20- VB34	inteligentní VB34	$\frac{3}{4}$	640 x 250 x 440	18	0,8 - 1,2	1,4	14 605
BS ECO K30- VB34	inteligentní VB34	$\frac{3}{4}$	690 x 340 x 520	12,5	1,0 - 1,5	1,6	15 488
BS ECO K30- VB1	inteligentní VB1	1	690 x 340 x 520	12,5	1,0 - 1,5	1,3	16 698
BS ECO S50- VB34	inteligentní VB34	$\frac{3}{4}$	1110 x 250 x 440	18	1,5 - 1,8	1,9	16 988
BS ECO K50- VB34	inteligentní VB34	$\frac{3}{4}$	1150 x 340 x 520	18	1,5 - 1,8	2,3	18 029
BS ECO S75- VB34	inteligentní VB34	$\frac{3}{4}$	1330 x 250 x 440	25	1,8 - 2,0	2,6	19 094
BS ECO K75- VB34	inteligentní VB34	$\frac{3}{4}$	1150 x 340 x 520	25	1,8 - 2,0	3,0	19 106
BS ECO K50- VB1	inteligentní VB1	1	1150 x 340 x 520	18	1,5 - 1,8	1,9	19 227
BS ECO K90- VB34	inteligentní VB34	$\frac{3}{4}$	1150 x 340 x 520	30	1,8 - 2,0	3,6	19 699



Obr. 6.19 Změkčovače typu BS ECO [14]

Změkčovací zařízení typ BS MAXI

Jedná se o změkčovač vody se zabudovaným vnitřním by-passem a separátní selankovou nádrží, ve které je umístěna mřížka a snímač vzduchu. Kolona s pryskyřicí je snadno oddělitelná od selankové nádrže a tím je snadnější údržba a čištění. Tento typ změkčovače vody je možné použít v domácnostech jako ochranu před usazováním vodního kamene. Ke všem modelům toho typu zařízení je k provozu zapotřebí 50 kg tabelované soli. Veškeré technické charakteristiky a typové řady jsou uvedeny v tab. 6.18 [14].



Obr. 6.20 Změkčovací zařízení BS MAXI Eco-50-VB1 [14]

Tab. 6.18 Technické charakteristiky a typové řady změkčovače BS MAXI [14]

Model	Typ řídicí hlavy	Připojení	Rozměry	Množství pryskyřice	Průtok	Solanko- vá nádobá	Cena vč. DPH
		"	v x š x h (mm)	l	m ³ /h	l	Kč
BS MAXI 100-VR1	VR1 objemové a časové řízení	1	1090 x 660 x 400	25	2,0 - 2,5	70	13 867
BS MAXI 100-VR34	VR34 objemové a časové řízení	³ / ₄	1060 x 680 x 400	25	1,8 - 2,0	70	12 947
BS MAXI 120-VR1	VR1 objemové a časové řízení	1	1080 x 750 x 400	30	2,5 - 3,0	70	14 508
BS MAXI 70-VR1	VR1 objemové a časové řízení	1	1090 x 700 x 400	18	1,5 - 2,0	70	12 995
BS MAXI 70-VR34	VR34 objemové a časové řízení	³ / ₄	1060 x 670 x 400	18	1,5 - 1,8	70	12 088
BS MAXI Eco-50-VB1	VR1 objemové a časové řízení	1	1240 x 620 x 380	18	1,5 - 2,0	70	15 899
BS MAXI Eco-50-VB34	VR34 objemové a časové řízení	³ / ₄	1230 x 620 x 370	18	1,5 - 1,8	70	14 702
BS MAXI Eco-75-VB1	VR1 objemové a časové řízení	1	1240 x 620 x 380	25	2,0 - 2,5	70	16 807
BS MAXI Eco-75-VB34	VR34 objemové a časové řízení	³ / ₄	1230 x 620 x 370	25	1,8 - 2,0	70	15 597
BS MAXI Eco-90-VB1	VR1 objemové a časové řízení	1	1240 x 620 x 380	30	2,5 - 3,0	70	17 472

7 NÁVRH ZMĚKČENÍ VODY U SPOTŘEBITELE

Pro návrh změkčení vody u spotřebitele bude použita jedna z výše uvedených technologií, které jsou uvedeny v kapitole 6.

7.1 LOKALITA A TVRDOST PITNÉ VODY U SPOTŘEBITELE

Z rozboru pitné vody, která byla provedena společností VHS Sitka, s.r.o. jsou dány průměrné hodnoty tvrdostí a pH pitné vody za rok 2016. Tyto hodnoty včetně zatřídění pitné vody podle celkové tvrdosti jsou uvedeny v tab. 7.1.

Tab. 7.1 Tvrdost vody v jednotlivých lokalitách [15]

Lokalita	Ukazatel		Zatřídění pitné vody dle tvrdosti
	Tvrdost mmol/l	pH	
Šternberk město	2,86	7,40	Dosti tvrdá
Šternberk Žleb	2,86	7,07	Dosti tvrdá
Šternberk Excalibur Army	3,18	6,75	Dosti tvrdá
Skupinový vodovod Mladějovice	1,65	7,52	Středně tvrdá
Skupinový vodovod Štěpánov	3,31	6,94	Tvrdá
Babice, Lužice	2,35	7,63	Dosti tvrdá
Paseka	2,60	7,46	Dosti tvrdá
Újezd	2,47	7,34	Dosti tvrdá
Hlásnice	2,15	7,45	Dosti tvrdá
Chabíčov	0,81	7,26	Měkká
Krákořice	2,86	7,47	Dosti tvrdá
Dálov	0,67	7,65	Velmi měkká
Domašov u Štěk.	0,83	7,26	Měkká

Na základě rozboru pitné vody bylo zjištěno, že ve většině lokalit se vyskytuje dosti tvrdá pitná voda, obyvatelé zásobování vodovodem Štěpánov mají dokonce vodu tvrdou. Středně tvrdou vodu vykazuje skupinový vodovod Mladějovice. Měkká pitná voda je pouze ve dvou lokalitách, a to v Chabíčově a Domašově u Šternberku, velmi měkkou pitnou vodu mají jen obyvatelé Dálava. Spotřebitel se nachází v lokalitě Šternberk město, kde $c(\text{Ca}+\text{Mg})$ je 2,86 mmol/l a pH vody je 7,4. Na základě známé tvrdosti a objemového průtoku bude navržena technologie změkčení pitné vody.

Vzhledem k tomu, že se jedná o rodinný dům, kde se nachází dvě koupelny, plynový kotel, elektrický zásobníkový ohřívač vody a průtokový ohřívač vody, je vhodné použít změkčovací zařízení určené pro domácnost, které je určené pro ochranu těchto zařízení proti inkrustaci. Nemělo by však docházet ke snížení kvality pitné vody a mělo by se dbát na mezní hodnoty koncentrace vápníku a hořčíku.

7.2 SOUHRN ZMĚKČOVACÍCH ZAŘÍZENÍ PRO DOMÁCNOST

Tab. 7.2 Přehled změkčovacích zařízení na principu chemickém

Úprava	Model	Připojení	Max. průtok	Kapacita	Cena vč. DPH
		"	m ³ /h	°f*m ³	Kč
Chemická	08 CalKo	1	1,2	-	15 802
	15 CalKo	1	1,5	-	17 798
	25 CalKo	1	1,8	-	19 990
	30 CalKo	1	1,9	-	21 755
	Riversoft 4	³ / ₄	0,14*	21	10 370
	Riversoft 8	³ / ₄	0,32*	48	12 060
	Riversoft 15	³ / ₄	0,64*	96	14 240
	Riversoft 30	³ / ₄	1,2*	150	15 810
	Global Cabinet	³ / ₄	1,8*	60	20 990
	Medalist 910/30	³ / ₄	1,8*	60	20 440
	Medalist 910/50	³ / ₄	1,8*	60	20 990
	Medalist 915	³ / ₄	1,8*	105	20 990 / 21 530
	Medalist 925	³ / ₄	1,8*	175	22 890
	Medalist 1042	³ / ₄	1,8*	260	26 980
	EK 15	³ / ₄	2	95	18 420
	EK 20	³ / ₄	3	130	18 800
	EK 28	³ / ₄	3	185	19 890
	EK 50	1	5,7	310	22 810
	EL 8	³ / ₄	1,2	50	17 430
	EL 15	³ / ₄	1,5	95	18 990
	EL 20	³ / ₄	1,8	130	19 660
	EL 28	³ / ₄	2,0	185	20 990
	HE 20	1	2	150	29 830
	HE 40	1	2,1	356	38 410
	HE 60	1	2,3	401	44 540
	HE 90	1	2,4	589	51 600
(pokračování na další stránce)					

* Jedná se o servisní průtok, maximální průtok nebyl dohledán.

<i>(pokračování tab. 7.2)</i>					
Úprava	Model	Připojení	Max. průtok	Kapacita	Cena
		"	m ³ /h	°f*m ³	Kč
Chemická	S 15	³ / ₄	3	90	-
	S 30	³ / ₄	3	220	-
	S 50	1	5,7	370	-
	S 70	1	5,7	520	-
	S 100	1	5,7	740	-
	S 120 CV	1	5,7	890	-
	S 150 CV	1	5,7	1120	-
	BS 10 HR 34	³ / ₄	0,5	-	8 966
	BS 10 SVR34	³ / ₄	0,5	-	11 253
	BS 10 VB34	³ / ₄	0,5	-	13 262
	BS MIKRO 30-VR34	³ / ₄	1,2	-	9 970
	BS MIKRO 50-VR34	³ / ₄	1,5	-	10 442
	BS SILVER S30-STR34	³ / ₄	1,2	-	10 394
	BS SILVER S30-SVR34	³ / ₄	1,2	-	11 144
	BS SILVER S70-STR34	³ / ₄	1,8	-	13 014
	BS SILVER S70-SVR34	³ / ₄	1,8	-	13 782
	BS SILVER S100-STR34	³ / ₄	2,0	-	15 028
	BS SILVER S70-SVR34	³ / ₄	2,0	-	15 670
<i>(pokračování na další stránce)</i>					

<i>(pokračování tab. 7.2)</i>					
Úprava	Model	Připojení	Max. průtok	Kapacita	Cena
		"	m ³ /h	°f*m ³	Kč
Chemická	BS GOLD S30-VR34	³ / ₄	1,2	-	11 749
	BS GOLD K30-VR34	³ / ₄	1,2	-	12 173
	BS GOLD K50-VR34	³ / ₄	1,5	-	12 681
	BS GOLD K50-VR1	1	1,5	-	13 600
	BS GOLD S70-VR34	³ / ₄	1,8	-	14 387
	BS GOLD K70-VR34	³ / ₄	1,2	-	15 234
	BS GOLD S70-VR1	1	1,8	-	15 270
	BS GOLD K100-VR34	³ / ₄	2,0	-	16 057
	BS GOLD K70-VR1	1	2,0	-	16 141
	BS GOLD S100-VR34	³ / ₄	2,0	-	16 287
	BS GOLD K120-VR34	³ / ₄	2,0	-	16 638
	BS GOLD S100-VR1	1	2,0	-	17 315
	BS ECO S20-VB34	³ / ₄	1,2	-	14 605
	BS ECO K30-VB34	³ / ₄	1,5	-	15 488
	BS ECO K30-VB1	1	1,5	-	16 698
	BS ECO S50-VB34	³ / ₄	1,8	-	16 988
	BS ECO K50-VB34	³ / ₄	1,8	-	18 029
	BS ECO S75-VB34	³ / ₄	2,0	-	19 094
<i>(pokračování na další stránce)</i>					

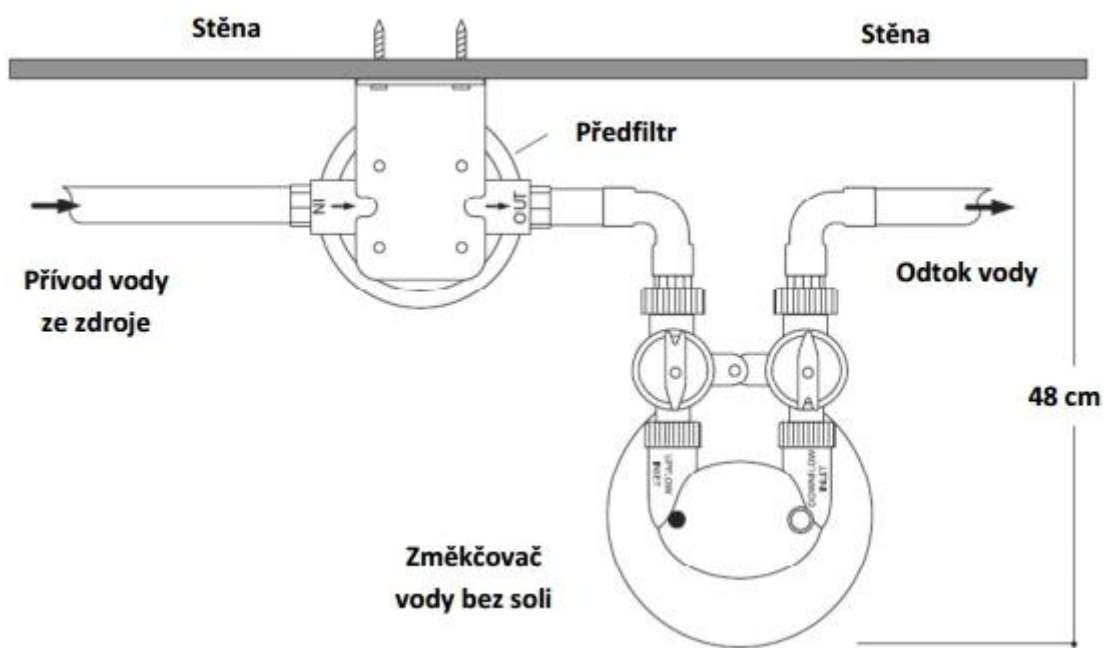
<i>(pokračování tab. 7.2)</i>					
Úprava	Model	Připojení	Max. průtok	Kapacita	Cena
		"	m ³ /h	°f*m ³	Kč
Chemická	BS ECO K75-VB34	³ / ₄	1,8 - 2,0	-	19 106
	BS ECO K50-VB1	1	1,5 - 1,8	-	19 227
	BS ECO K90-VB34	³ / ₄	1,8 - 2,0	-	19 699
	BS MAXI 100-VR1	1	2,0 - 2,5	-	13 867
	BS MAXI 100-VR34	³ / ₄	1,8 - 2,0	-	12 947
	BS MAXI 120-VR1	1	2,5 - 3,0	-	14 508
	BS MAXI 70-VR1	1	1,5 - 2,0	-	12 995
	BS MAXI 70-VR34	³ / ₄	1,5 - 1,8	-	12 088
	BS MAXI Eco-50-VB1	1	1,5 - 2,0	-	15 899
	BS MAXI Eco-50-VB34	³ / ₄	1,5 - 1,8	-	14 702
	BS MAXI Eco-75-VB1	1	2,0 - 2,5	-	16 807
	BS MAXI Eco-75-VB34	³ / ₄	1,8 - 2,0	-	15 597
	BS MAXI Eco-90-VB1	1	2,5 - 3,0	-	17 472
<i>(konec tab. 7.2)</i>					

Tab. 7.3 Přehled změkčovacích zařízení na principu fyzikálním

Úprava	Model	Připojení	Max. průtok	Kmitočet vé pásmo	Cena
		"	m ³ /h	kHz	Kč
Fyzikální	ULTRAVAP X6 Profesional+	-	-	0,25 - 40	2 360
	Dr. Vap III - Turbo profesional	-	-	0,35 - 30	1 960
	Dr. Vap IV - Family	-	-	0,6 - 20	1 480
	SUPERVAP 5 HD	-	-	0,6 - 20	1 180
	SUPERVAP mini	-	-	0,6 - 20	888
	Antical® PLUS 2010	³ / ₄	-	-	7 990
	Antical® PLUS 2010	1	-	-	7 990
	Antical®	1	4,0	-	8 325
	NS6	1	3,4	-	47 799
	NS6 PUV-14	1	3,4	-	74 292
	NS3 PUV-7	1	2,3	-	60 075
	NS3	1	2,3	-	38 825

Na základě konzultací se spotřebitelem bylo rozhodnuto použít technologii NaturSoft. Ačkoliv by muselo dojít k lehkým stavebním úpravám za vodoměrem, vzhledem k malému prostoru, jak je vidět na obr. 7.2, zařízení tak bude schováno ve skříni za stěnou, která je na obr. 7.2. Tuto technologii je lepší použít z důvodu nabízeného výkonu certifikovaným DVGW na 99,6%. Technologie zabráňuje tvorbě vodního kamene, odstraňuje i ten stávající a dále se zachovávají ve vodě zdraví prospěšné minerály. Další výhodou této technologie je fakt, že se jedná o technologii prakticky bezúdržbovou. Náplň nádrže je bez výměny po celou životnost a jediné, na co je nutné brát zřetel, je sedimentační filtr, který se nachází před změkčovačem, kde je nutné každých 6 – 9 měsíců vyměnit vložku filtru.

U spotřebitele voda obsahuje c(Ca+Mg) 2,86 mmol/l, pH vody je 7,4 a průtok za vodoměrem je 2,5 m³/h. Tuto technologii je možné použít pro c(Ca+Mg) až 12,8 mmol/l a pH 7 – 11, tudíž jediným limitním faktorem je průtok. Proto byl vybrán model NS6 s max. průtokem 3,4 m³/h. Cena tohoto zařízení je udávána na 47 799 Kč vč. DPH. Schéma instalace je zobrazeno na obr. 7.1.



Obr. 7.1 Schéma instalace změkčovače NS6 [13]



Obr. 7.2 Umístění vodoměru u spotřebitele

8 ZÁVĚR

V dnešní době je pojem „změkčování a ztvzování“ vody velice ožehavé téma. Největším problémem u spotřebitele je tzv. „tvrdá voda“, kdy dochází vlivem srážení vápníku a hořčíku k inkrustaci v potrubí a spotřebičích. Tato skutečnost vede například ke snížení účinnosti tepelných výměníků, nebo k úplnému zmenšení průtočného profilu. Dalším problémem, který může nastat, je v oblasti správně vybrané technologie „změkčování“, které zabrání negativnímu vlivu srážení vápníku a hořčíku.

V úvodní části této bakalářské práce je popsán význam vápníku a hořčíku, jak v přírodě, tak i v pitné vodě. Další část je rešeršní formou popsána technologie ztvzování a změkčování vody, jak v technologickém procesu úpravy vody, tak i doúpravy vody přímo u spotřebitele.

Technologie ztvzování v rámci technologického procesu na úpravě vody, je zaříděna do dvou metod. Metoda přímého ztvzování, kdy se do upravené vody dávkuje oxid uhličitý a hydrát vápenatý ve formě vápenné vody nebo vápenného mléka a metoda nepřímého ztvzování, která vychází z reakce uhličitanu vápenatého s kyselinou sírovou a následného odkyselení uvolněného oxidu uhličitavého hydroxidem vápenatým. Obě tyto metody jsou detailněji popsány v kapitolách 3.1 a 3.2.

Technologie změkčování v rámci technologického procesu na úpravě vody se provádí částečným nebo úplným odstraněním vápníku a hořčíku z vody. Do technologií částečného odstranění vápníku a hořčíku z vody patří termická dekarbonizace, dekarbonizace kyselinou, dekarbonizace srážením vápnem, dekarbonizace výměnnou iontů. Do technologií úplného odstranění vápníku a hořčíku z vody patří srážení vápnem a sodou, srážení hydroxidem sodným a sodou, srážení fosforečnanem a odstranění vápníku a hořčíku ve formě komplexů.

Co se týče doúpravy u spotřebitele, tak je používána pouze technologie změkčování vody. Změkčování vody se provádí na principu fyzikálním nebo chemickým.

Změkčovače vody na principu fyzikálním se dělí na elektromagnetickou úpravu vody a změkčovače na principu bez soli. V této bakalářské práci jsou popsány detailněji oba tyto principy v kapitolách 6.1.1 a 6.1.2. K těmto změkčovačům patří zařízení Dr. Vap, Antical, NaturSoft.

Změkčovače na principu chemickém pracují na principu iontové výměny, kdy jsou ionty vápníku a hořčíku ve vodě nahrazovány sodíkem, který je pro člověka neškodný. Díky tomu se pak netvoří vápenaté usazeniny. Podrobněji je tento princip popsán v kapitole 6.2.1. K těmto změkčovačům patří zařízení Calco, Riversoft, Medalist, Ekonomik, Elegant, HE změkčovače, ULTRLINE HA a HB, změkčovací filtry S, Twin base, BS 10, BS MIKRO, BS SILVER, BS GOLD BS ECO a BS MAXI.

V další části této bakalářské práce jsou uvedeny příklady úpraven vod, v nichž bylo provedeno ztvzování vody. Jsou zde popsány úpravny vod Meziboří, která upravuje povrchovou vodu z údolní nádrže Fláje (kap. 5.1), úpravna vody Souš, která upravuje vodu z vodárenské nádrže Souš (kap. 5.2) a možnost ztvzování na úpravě vody Hřiňová, která upravuje vodu povrchovou zachycenou ve vodárenské nádrži Hřiňová (kap. 5.3).

Součástí této bakalářské práce je návrh změkčování u spotřebitele. Kde se určila nejvhodnější technologie změkčovacího zařízení, která je vhodná pro danou pitnou vodu, tak i pro spotřebitele. Jako nejlepší možnost byla vybrána technologie NaturSoft, ačkoliv se nejedná o nejlevnější technologii.

9 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 4., aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [2] TUHOVČÁK, Ladislav, et al. *Vodárenství: Studijní opory*. 1. vydání. Brno: VUT FAST, 2006. 252 s.
- [3] GRÜNWALD, Alexander. *Zdravotně inženýrské stavby 40: úprava vody*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997. ISBN 80-010-1658-7.
- [4] Tabulka: Kovy alkalických zemin. *Periodická tabulka* [online]. [cit. 2017-03-07]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/alkalicke-zeminy.html>
- [5] MALÝ, Josef a Jitka MALÁ. *Chemie a technologie vody*. 2., dopl. vyd. Brno: ARDEC, 2006. ISBN 80-860-2050-9.
- [6] Tyris. *Tyris* [online]. Praha: TYRIS TECHNOLOGIE [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <http://tyris.cz/index.php/vodni-kamen/dr-vap-vice-info>
- [7] AQUASAR. In: *AQUASAR* [online]. České Budějovice: AQUASAR [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <http://www.aquasar.cz/cz/produkty/anticalc>
- [8] GEO CENTRUM. In: *GEO CENTRUM* [online]. Teplice: GEO CENTRUM [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <http://obchod.anticalc.cz/?21,anticalc%C2%AE-plus-2010-kovove-koncovky-3-4->
- [9] Tzbcontrol. [Http://www.tzbcontrol.cz/uprava-vody](http://www.tzbcontrol.cz/uprava-vody) [online]. Třebotov [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://www.tzbcontrol.cz/get.php?id=42&s=1>
- [10] KOŽÍŠEK, František. *Státní zdravotnický ústav* [online]. Praha: Státní zdravotnický ústav, 2002, 2011 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/stanovisko-narodniho-referencniho-centra-nrc-pro-pitnou-vodu>
- [11] Culligan.cz. *Culligan.cz* [online]. Culligan.cz [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.culligancz.cz/index.php/upravy-vod/voda-pro-domacnosti/zmekceni-vody>
- [12] DRBOHLAV, Josef, et al. Vápenné hospodářství a ztvrdování na úpravkách vody - zkušenosti z realizovaných projektů. In: *Pitná voda*. Bratislava: VodaTím, 2015, s. 79-88. ISBN 978-80-971272-3-7.
- [13] Wevoda. *Wevoda* [online]. Ochoz u Brna [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.wevoda.cz/cz/eshop/zmekcovace>
- [14] Jak upravit vodu. *Jak upravit vodu* [online]. Lideč nad Sázavou [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: http://www.jakupravitvodu.cz/Zmekcovace-pro-domacnosti-c6_0_1.htm
- [15] VHS-SITKA, s.r.o. *VHS-SITKA, s.r.o* [online]. Šternberk [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.vhs-sitka.cz/dokumenty/rozbory-vody>
- [16] *Nádrže jako zdroj pitné vody ...: sborník .. celostátní konference*. České Budějovice: Dům techniky ČSVTS, 1990-. ISBN 80-020-1045-0.
- [17] *Nádrže jako zdroj pitné vody ...: sborník .. celostátní konference*. České Budějovice: Dům techniky ČSVTS, 1990-. ISBN 978-80-905238-2-1.

- [18] *Nádrže jako zdroj pitné vody ...: sborník .. celostátní konference*. České Budějovice: Dům techniky ČSVTS, 1990-. ISBN 978-80-254-6854-8.
- [19] SVS a.s. *SVS a.s.* [online]. Teplice: Severočeská vodárenská společnost [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://www.svs.cz/cz/pro_novinare/tiskove_zpravy/upravna-vody-sous-a-jeji-rekonstrukce-v-ramci-integrovaného-projektu-luzicka-nisa.html

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Celkové konstanty stability (β) některých komplexů [1].....	4
Tab. 2.2 Příklady minerálních vod a mořské vody obsahujících více hořčíku než vápníku [1]	6
Tab. 2.3 Dřívější dělení pitné vody podle "celkové tvrdosti" [1].....	8
Tab. 4.1 Použití srážedel v závislosti na formě vápníku a hořčíku ve vodě [3].....	15
Tab. 6.1 Technologické charakteristiky modelů Dr.Vap [6].....	23
Tab. 6.2 Technologické charakteristiky medelů Antical® [7].....	24
Tab. 6.3 Technické charakteristiky technologie NaturSoft [13]	26
Tab. 6.4 Technické charakteristiky TZB CalKo [9].....	28
Tab. 6.5 Technické charakteristiky zařízení Riversoft [11]	28
Tab. 6.6 Technické charakteristiky změkčovacích filtrů Medallist [11].....	29
Tab. 6.7 Technické charakteristiky pro zařízení Ekonomik [11]	30
Tab. 6.8 Technické charakteristiky pro Kabinety Elegant [11]	31
Tab. 6.9 Technické charakteristiky HE změkčovačů [11]	31
Tab. 6.10 Technické charakteristiky zařízení ULTRA LINE HA [11].....	32
Tab. 6.11 Technické charakteristiky ULTRA LINE HB [11].....	33
Tab. 6.12 Technické charakteristiky Filtrů S [11]	34
Tab. 6.13 Technické charakteristiky a typové řady změkčovače BS10 [14]	35
Tab. 6.14 Technické charakteristiky a typové řady změkčovače BS MIKRO [14].....	36
Tab. 6.15 Technické charakteristiky a typové řady změkčovače BS SILVER [14]	37
Tab. 6.16 Technické charakteristiky a typové řady změkčovače BS GOLD [14]	39
Tab. 6.17 Technické charakteristiky a typové řady změkčovače typu BS ECO [14]	40
Tab. 6.18 Technické charakteristiky a typové řady změkčovače BS MAXI [14].....	42
Tab. 7.1 Tvrdost vody v jednotlivých lokalitách [15].....	43
Tab. 7.2 Přehled změkčovacích zařízení na principu chemickém	44
Tab. 7.3 Přehled změkčovacích zařízení na principu fyzikálním	48

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Inkrustace Ca a Mg [13].....	3
Obr. 2.1 Zobrazení vápenato–uhličitánové rovnováhy [5]	9
Obr. 4.1 Schéma spirátoru [3]	12
Obr. 4.2 Schéma jednotky na dekarbonizaci vody [3]	13
Obr. 4.3 Odstranění vápníku a hořčíku vápnem a sodou [3].....	14
Obr. 4.4 Dvoustupňové srážení vápníku a hořčíku [3]	15
Obr. 5.1 Technologické schéma ÚV Meziboří [16].....	17
Obr. 5.2 Schéma sytiče typu "Pasavant" [12]	21
Obr. 6.1 Technologie Dr. Vap IV od firmy Tyrís Technology [6]	24
Obr. 6.2 Technologie Anticalc od firmy GEOCENTRUM TEPLICE [8].....	25
Obr. 6.3 Technologie Anticalc od firmy AQUASAR [7]	25
Obr. 6.4 NaturSoft NS3 [13]	26
Obr. 6.5 Provozní stav [9]	27
Obr. 6.6 Stav regenerace [9].....	27
Obr. 6.7 Zařízení Riversoft 8 [11].....	29
Obr. 6.8 Global Cabinet [11].....	29
Obr. 6.9 Zařízení Ekonomik [11]	30
Obr. 6.10 Kabinetní změkčovač Elegant [11]	31
Obr. 6.11 HE změkčovač [11].....	32
Obr. 6.12 ULTRA LINE [11].....	33
Obr. 6.13 Změkčovací Filtr S [11]	34
Obr. 6.14 Dvojitý změkčovač Twin base [11]	35
Obr. 6.15 Model BS 10 HR34 [14]	36
Obr. 6.16 Změkčovač BS MIKRO 50-VR34 [14]	37
Obr. 6.17 Změkčovače typu BS SILVER [14].....	38
Obr. 6.18 Změkčovače typu BS GOLD [14]	38
Obr. 6.19 Změkčovače typu BS ECO [14].....	40
Obr. 6.20 Změkčovací zařízení BS MAXI Eco-50-VB1 [14].....	41
Obr. 7.1 Schéma instalace změkčovače NS6 [13]	49
Obr. 7.2 Umístění vodoměru u spotřebitele	49

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

MH	Mezní hodnota
DH	Doporučená hodnota
DOC	Rozpuštěný organický uhlík
ČR	Česká republika
ISO	International standards organization – Mezinárodní organizace pro standardizaci
DIN	Deutsche industrie norm (Německá průmyslová norma)
K_s	Součin rozpustnosti
$^{\circ}\text{C}$	Stupeň Celsia
$^{\circ}\text{dH}$	Německý stupeň tvrdosti
$^{\circ}\text{angl}$	Anglický stupeň tvrdosti
$^{\circ}\text{franc}$	Francouzský stupeň tvrdosti
$^{\circ}\text{amer}$	Americký stupeň tvrdosti
pH	Záporný dekadický logaritmus koncentrace H^+ iontů
$\text{KNK}_{4,5}$	Kyselinová neutralizační kapacita při pH 4,5
$\text{KNK}_{8,2}$	Kyselinová neutralizační kapacita při pH 8,2
ÚV	Úpravna vody
NRC	Národní referenční centrum
VHS	Vodohospodářská společnost
s.r.o	Společnost s ručením omezením
mmol/l	Látkové množství
DVGW	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (Německé sdružení pro plyn a vodu)
DPH	Daň z přidané hodnoty

SUMMARY

In the introductory part of this bachelor thesis is described the meaning of calcium and magnesium, both in nature and in drinking water. Another part of the research is the water hardening and softening technology, both in the technological process of water treatment and in the water supply directly to the consumer.

The technology of hardening in the process of the water treatment plant is classified into two methods. Direct Cure Method and Indirect Curing Method.

Softening technology within the process of water treatment is accomplished by partial or complete removal of calcium and magnesium from the water.

As far as consumer treatment is concerned, only water softening technology is used. Water softening is done on a physical or chemical basis.

Water softeners on a physical principle are divided into electromagnetic water treatment and softener on a salt-free principle.

Chemical softeners work on the principle of ion exchange when calcium and magnesium ions are replaced by sodium in water.

In the next part of this bachelor thesis there are presented examples of water treatment plants, in which water has been cured. Where is the water treatment plant Meziboří, the water treatment plant Souš and the Hřiňová water treatment plant.

Part of this bachelor thesis is the proposal of softening to the consumer. Where NaturSoft is used.